

**Universidad Internacional del Ecuador**



**Facultad de Ciencias Técnicas  
Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz**

**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS AERODINÁMICAS PARA DISEÑAR  
ESPEJOS RETROVISORES DE TRANSPORTE MASIVO URBANO DE PERSONAS**

**Oscar Santiago Romero Bolaños  
Joselyn Paola Simbaña Simbaña**

**Director: Msc. Gorky G. Reyes C.  
Codirector: Ing. Jorge Cepeda.**

**Quito, Marzo**

## CERTIFICACIÓN

Nosotros, Oscar Santiago Romero Bolaños, Joselyn Paola Simbaña, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Oscar Santiago Romero Bolaños



Joselyn Paola Simbaña Simbaña

Yo, Guillermo Gorky Reyes Campaña, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Guillermo Gorky Reyes Campaña

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios en primer lugar, ya que Él ha sido quien suplió cada necesidad que se presentó en el camino mientras transcurría la carrera, a mi madre Susana Bolaños, quien ha estado con su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida, a mi esposa Cristina Bastidas y a mi hijo Ian, que de a poco se han convertido en un puntal y son quienes me vuelven a la realidad en esos momentos tristes y alegres que nos tiene la vida. Y aunque ya no se encuentra físicamente no podía dejar de lado a mis abuelos maternos José Bolaños y Carmen Enríquez quien fueron padre y madre para mí, y que gracias a sus cuidados y amor puedo disfrutar con humildad de esta meta alcanzada.

Oscar Romero

## **DEDICATORIA**

El presente estudio les dedico con todo el cariño a mis padres, a mis dos hermanos y a mi segunda madre que han sido mi motor y mi motivación para seguir adelante con mis metas trazadas y sé que sin sus consejos, apoyo y sus sacrificios que han realizado para darme la oportunidad de seguirme preparándome profesionalmente no hubiera sido posible llegar a la culminación del presente estudio, por eso se la gran importancia de tener una familia muy bien estructurada con bases sólidas para soportar y actuar como un gran equipo a los grandes obstáculos que se presenten a lo largo de la vida. Por eso mi familia es la clave fundamental en el desarrollo académico, profesional y humano desde que inicie mi carrera en la prestigiosa Universidad Internacional Del Ecuador.

Joselyn Simbaña

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme permitido disfrutar de tan grata experiencia en estos 5 años de carrera y por qué en todo momento pude ver su poderosa mano. Gracias a mi madre Susana Bolaños por sus consejos, por enseñarme a que no hay obstáculos que me detengan, y por ese sacrificio constante, facilitándome el camino en cada etapa de mi vida. Agradezco también a mi esposa Cristina y a mi hijo Ian ya que fueron quienes en este tiempo estuvieron presentes siendo esa motivación, y apoyo, en esos momentos duros y satisfactorios que se nos ha presentado como familia mientras transcurría mi periodo académico. A mi hermano Rodney y mi tía Isabel les agradezco por sus oraciones, y consejos en esos instantes complicados donde sus palabras eran una luz guía para encontrar la salida. No podría dejar de mencionar a mis suegros, quienes nos han brindado ayuda, y colaboración incondicional. A esos grandes amigos que me ha dado la vida, Danny y Katy, gracias por estar cuando les necesitaba dejando de lado sus actividades profesionales y personales. A esos amigos que me deja la carrera gracias por su contribución en las aulas de clase.

Un agradecimiento especial al MSc. Gorky Reyes por la instrucción académica impartida como profesor, y en la actualidad como director de este estudio de titulación. Al Ing. Jorge Cepeda también un agradecimiento por haber aceptado ser codirector y por su contribución para el desarrollo de este documento.

A Joselyn por ser parte fundamental con su dedicación y entrega para la realización de este documento de publicación, gracias por acompañarme en el último esfuerzo que tenía la carrera para nosotros.

Oscar Romero

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios y a la Virgen por haberme guiado en los momentos más difíciles de mi vida y sobre todo le agradezco por haberme escuchado está el día de hoy que aún le siga brindando salud y vida a mi segunda madre Joaquina Tituaña para que me acompañe y me vea cumplir el sueño que las dos anhelamos.

Agradezco a mi padre Jaime Simbaña que fue quien me introdujo el gusto y el amor de mecánica automotriz, con la enseñanza de que una mujer no tiene límites, porque tienen las mismas capacidades y cualidades de un hombre.

Quiero agradecer a mi madre Luisa Simbaña quien con su sabiduría, amor y experiencia me enseñó a nunca rendirme y siempre terminar lo que empiezo. Mi hermano mayor Jonathan Simbaña, quien es como mi segundo padre que me brindó su apoyo incondicional para seguir con el proceso de mi formación profesional. Mi hermano Kevin Simbaña, con quien comparto ideas, criterios y desveladas por cumplir nuestras responsabilidades estudiantiles.

También quiero agradecer al director MSc. Gorky Reyes y al codirector Ing. Jorge Cepeda por guiarnos en el desarrollo del presente estudio, quienes con sus experiencias y conocimientos fue posible culminar el desarrollo del presente estudio. Agradezco también a mi compañero Oscar Romero quien con su experiencia y dedicación se logró alcanzar con éxito la presente investigación.

Joselyn Simbaña

## ÍNDICE

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD .....	3
DEDICATORIA .....	4
DEDICATORIA .....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
AGRADECIMIENTO .....	7
RESUMEN .....	13
1. INTRODUCCIÓN .....	14
2. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1. Elementos de seguridad vehicular .....	15
2.2. Espejo retrovisor .....	15
2.3. Espejo retrovisor en la subcategoría M3 clase II. ....	15
2.3.1. Normativa 49 CFR § 571.111 - Norma N° 111; Visibilidad trasera.....	15
2.3.2. NTE INEN 1323 primera revisión Vehículos Automotores. Carrocerías De Buses. Requisitos.....	15
2.4. Carga por resistencia del aire frontal .....	16
2.5. Carga de giro .....	16
2.6. Carga Frenado brusco.....	16
2.7. Carga de Aceleración brusca .....	16
2.8. Puntos críticos .....	16
2.8.1. Deflexión.....	16
2.8.2. Von mises.....	17
2.8.3. Deformación.....	17
2.8.4. Puntos elásticos o plásticos.....	17
3. MÉTODO Y MATERIALES.....	17
3.1. Metodología .....	17
3.2. Materiales.....	17
3.2.1. Vehículos.....	17
3.2.2. Ruta de análisis.....	17
3.2.3. Materiales de los retrovisores .....	18
3.2.4. Encuesta .....	18
3.3. Software .....	18
3.3.1. Altair Inspire .....	19
3.3.2. Simsolid.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
4.1. Datos de entrada .....	19
4.2. Datos de los modelos matemáticos .....	19
4.3. Casos de cargas .....	20

4.3.1. Carga aerodinámica .....	20
4.3.2. Carga de giro .....	20
4.3.3. Carga de frenado .....	20
4.3.4. Carga de aceleración.....	21
4.4. Puntos previos a la simulación .....	21
4.4.1. Material empleado del software.....	21
4.5. Von mises.....	21
4.5.1. Resultados individuales retrovisor 1 .....	21
4.5.2. Resultados individuales retrovisor 2 .....	23
4.5.3. Resultados individuales retrovisor 3 .....	23
4.6. Desplazamiento .....	24
4.6.1. Resultados individuales retrovisor 1 .....	24
4.6.2. Resultados individuales retrovisor 2 .....	25
4.6.3. Resultados individuales retrovisor 3 .....	26
4.7. Deformación unitaria.....	27
4.7.1. Resultados individuales retrovisor 1 .....	27
4.7.2. Resultados individuales retrovisor 2 .....	28
4.7.3. Resultados individuales retrovisor 3 .....	29
4.8. Comparación Von Mises, desplazamiento y deformación unitaria de los tres modelos analizados.....	30
4.8.1. Comparativa Von Mises espejos retrovisores .....	30
4.8.2. Comparativa del desplazamiento entre los espejos retrovisores analizados. ....	31
4.8.3. Comparativa deformación unitaria espejos retrovisores .....	32
4.8.4. Límite de fluencia y resistencia a la tracción .....	33
5. CONCLUSIONES .....	34
6. REFERENCIAS .....	34
7. Anexos .....	38
7.1. Anexo 1: Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Vehículos automotores dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad, requisitos,» 2015. ....	38
7.3. Anexo 3: O. R. Joselyn Simbaña, Interviewee, <i>Encuesta a conductores profesionales de vehículos M3 categoría II</i> . [Entrevista]. 02 06 2021. ....	39
7.4. Anexo 4: Norma Técnica Ecuatoriana, «INEN 2656,» 09 2016. ....	42
7.5. Anexo 5: M. Moreta, «Revista lideres,» 02 Agosto 2015. ....	45
7.6. Anexo 6: R. B. F. A. Mario Altamirano, «Biocontabilidad y la cadena de valor global de las industrias manufactureras de carrocerías de autobuses de la provincia de Tungurahua (Ecuador),» <i>Espacios</i> , n° 3, p. 8, 2020.....	46
7.7. Anexo 7: Alianza ecuatoriano-china fabricará 1.200 buses. ....	55



7.8. Anexo 8: E. B. B. Vladimir, «Estudio del comportamiento de un corrector de camber y caster usando elementos finitos para su alineación en un vehículo con suspensión tipo MCPHERSON,» 13 Febrero 2020..	56
7.9. Anexo 9: E. P. Ivám Espinoza, «Determinación de factibilidad técnica y económica para la producción nacional de utillaje especial automotriz,» 2020.....	70
7.10. Anexo10: E. Novay, «Optimización en el proceso de fabricación por impresión 3d de la manija del elevador de vidrios,» 2020. ....	80
7.11. Anexos 11: R. R. P. David Velazquillo, «Diseño conceptual de un banco de pruebas para validación de carrocerías,» 2013. ....	91
7.12. Anexo12: D. G. Edison Arízaga, «Análisis de los sistemas faltantes de seguridad vehicular de la categoría M1 en la norma NTE INEN 034:2019 y una propuesta de mejora,» Febrero 2015. ....	99
7.13. Anexo13: Anónimo, «Seguridad Vial,».....	112
7.14. Anexo 14: Mecánico Automotriz.Org, «Manual de sistemas activa y pasiva mecánico y electrónicos,» .....	114
7.15. Anexo 15: M. Soba, «Diseño del mecanismo de un retrovisor del automóvil con Autodesk Inventor Professional,» Julio 2016. ....	118
7.16. Anexo 16: D. G. d. Tránsito, «Normas y señales reguladoras de circulación,» 2016. 123	
7.17. Anexo 17: Normalización, Instituto Ecuatoriano de, «Vehículos automotores bus urbano requisitos INEN 2205,» 2010. ....	131
7.18. Anexo18: (NHTSA)., DOT's National Highway Safety Administration, «PARTS AND ACCESSORIES NECESSARY FOR SAFE OPERATION,» 2015 .....	139
7.19. Anexo 19: Normalización, Instituto Ecuatoriano de, «INEN 1323 VEHÍCULOS AUTOMOTORES CARROCERIAS DE BUSES.,» Quito, 2009, p. 14. ....	144
7.20. Anexo 20: J. Cepeda, «ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL AUTOBÚS FELINE PARA LA EMPRESA CARROCERA MIRAL BUSES.,» 07 Abril 2006. ....	149
7.21. Anexo 21: F. Gonzáles, «ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA CARROCERIA DE UN OMNIBUS,» 2018.....	153
7.22. Anexo 22: N. L. R. V. Cristofer Cardenas, «Deflexiones,» Accelerating the world's research, p. 23, 2007.....	161
7.23. Anexo 23: J. Pereiras, «Linked in,» 07 Agosto 2018.....	165
7.24. Anexo 24: R. Morales, «Deformaciones de las estructuras,» <i>Universidad de mendoza</i> , p. 14, 2013.....	167
7.25. Anexo 25: J. R. Jorge Pérez, «Simulación computacional de esfuerzo- deformación y transferencia de calor de un secador cilindrico rotativo de la industria papelera,» 2017. ....	172
7.26. Anexo 26: S. Vial, «SES.com,» 15 06 2018. ....	181
7.27. Anexo 27: CYMACO, «CYMACO,» 21 05 2021. ....	182
7.28. Anexo 28: M. d. Fomento, «Instrucción de carreteras Norma 3.1-IC,» de <i>Trazado</i> , Madrid, 2016, pp. 1-231. ....	185

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medidas de visibilidad.....	15
Tabla 2. Porcentaje de la Subcategoría de Vehículos de Transporte Público .....	17
Tabla 3. Materiales de un retrovisor exterior.....	18
Tabla 4. Características de los retrovisores exteriores .....	19
Tabla 5. Datos de entrada para las ecuaciones.....	19
Tabla 6. Cargas Aerodinámicas.....	20
Tabla 7. Peso Total.....	20
Tabla 8. Fuerza de Giro.....	20
Tabla 9. Cargas de Frenado Violento .....	20
Tabla 10. Carga de Frenado .....	21
Tabla 11. Materiales aplicados.....	21
Tabla 12. Von Mises R1, R2 y P3 .....	30
Tabla 13. Desplazamiento R1, R2 y P3 .....	31
Tabla 14. Deformación unitaria R1, R2 y P3 .....	32
Tabla 15. Límite de Fluencia y Resistencia a la Tracción para cada espejo retrovisor .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espejo retrovisor manual.....	15
Figura 2. Ruta Zabala- Rio Coca.....	18
Figura 3. Retrovisor 1, 2 y 3 de los vehículos de transporte público .....	19
Figura 4. Carga aerodinámica retrovisor 1 .....	22
Figura 5. Carga giro retrovisor 1 .....	22
Figura 6. Carga de frenado retrovisor 1 .....	22
Figura 7. Carga de aceleración retrovisor 1 .....	22
Figura 8. Carga aerodinámica retrovisor 2 .....	23
Figura 9. Carga de giro retrovisor 2 .....	23
Figura 10. Carga de frenado retrovisor 2.....	23
Figura 11. Carga de aceleración retrovisor 2.....	23
Figura 12. Carga de aerodinámico.....	24
Figura 13. Carga de giro retrovisor 3 .....	24
Figura 14. Carga de frenado retrovisor 3.....	24
Figura 15. Carga de aceleración retrovisor 3.....	24
Figura 16. Carga aerodinámica retrovisor 1 .....	25
Figura 17. Carga de giro retrovisor 1 .....	25
Figura 18. Carga de frenado retrovisor 1.....	25
Figura 19. Carga de aceleración retrovisor 1 .....	25
Figura 20. Carga aerodinámica retrovisor 2 .....	25
Figura 21. Carga de giro retrovisor 2 .....	26
Figura 22. Carga de frenado retrovisor 2.....	26
Figura 23. Carga de aceleración retrovisor 2.....	26
Figura 24. Carga aerodinámica retrovisor 3 .....	26
Figura 25. Carga de giro retrovisor 3 .....	27
Figura 26. Carga de frenado retrovisor 3.....	27
Figura 27. Carga de aceleración retrovisor 3.....	27
Figura 28. Carga aerodinámica retrovisor 1 .....	27
Figura 29. Carga de giro retrovisor 1 .....	28
Figura 30. Carga de frenado retrovisor 1.....	28
Figura 31. Carga de aceleración retrovisor 1 .....	28
Figura 32. Carga aerodinámica retrovisor 2 .....	28
Figura 33. Carga de giro retrovisor 2 .....	29
Figura 34. Carga de frenado retrovisor 2.....	29
Figura 35. Carga de aceleración retrovisor 2.....	29
Figura 36. Carga aerodinámica retrovisor 3 .....	29
Figura 37. Carga de giro retrovisor 3 .....	30
Figura 38. Carga de frenado retrovisor 3.....	30
Figura 39. Carga de aceleración retrovisor 3 .....	30
Figura 40. Curvas Von Mises R1, R2 y P3.....	31
Figura 41. Curvas de desplazamiento R1, R2 y P3.....	32
Figura 42. Curva de deformación unitaria R1, R2 y P3.....	33

# **Estudio de las características aerodinámicas para diseñar espejos retrovisores de transporte masivo urbano de personas**

*Oscar Santiago Romero Bolaños<sup>1</sup>, Joselyn Paola Simbaña Simbaña<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Internacional del Ecuador, osromerobo@uide.edu.ec, <sup>2</sup>Universidad Internacional del Ecuador, jossimbanasi@uide.edu.ec,

## **RESUMEN**

El uso de los espejos retrovisores se ha visto implicado desfavorablemente por varios factores físicos, a través de las encuestas realizadas a conductores profesionales se determinó que el 76,6 % de los retrovisores a mediano plazo pierden efectividad en la sujeción. Mediante el método exploratorio se inició con la búsqueda de información de los materiales de los retrovisores de la categoría M3 clase II y por medio del método experimental se empleó la ingeniería asistida por computadora donde se diseñó tres diseños de retrovisores y se analizó las distintas cargas a las que está sometido un vehículo y sus componentes. Se realizó la comparación del modelo propuesto con dos modelos existentes dando un enfoque cuantitativo del análisis de eficiencia en los esfuerzos y resistencia aerodinámica. Se evidencio que los retrovisores analizados no sobrepasan el límite de fluencia y resistencia a la tracción, por lo que ninguno presento deformación permanente para llegar a la fractura. Aún con el valor máximo de tensión en el caso de frenado a 70 km/h el P3 presenta un rango de  $3,18E+03$  (MPa) para que la estructura sobrepase el límite elástico y  $2,48E+03$  (MPa) para que se fracture en su zona más crítica. Se logró determinar que el espejo retrovisor propuesto en la presente investigación es 93% más eficiente que el R1 y R2 realizando un promedio en los cuatro casos de carga aplicadas. El P3 tiene el valor máximo más bajo registrado de  $1,43E-01$  (MPa) en todos los casos de carga por los tres espejos analizados.

**Palabras Clave:** categoría M3 clase II, espejos retrovisores, Von Mises, límite elástico.

## **ABSTRACT**

The use of rear-view mirrors has been adversely affected by several physical factors, through surveys conducted to professional drivers it was determined that 76.6 % of the mirrors lose effectiveness in the medium term. By means of the exploratory method, we began with the search for information on the materials of rear-view mirrors of category M3 class II and by means of the experimental method we used computer aided engineering where three designs of rear-view mirrors were designed and the different loads to which a vehicle and its components are subjected were analyzed. The proposed model was compared with two existing models giving a quantitative approach to the analysis of stress efficiency and aerodynamic resistance. It was evidenced that the analyzed mirrors do not exceed the limit of creep and tensile strength, so none of them presented permanent deformation to reach fracture. Even with the maximum stress value in the case of braking at 70 km/h, the P3 presents a range of  $3.18E+03$  (MPa) for the structure to exceed the elastic limit and  $2.48E+03$  (MPa) for it to fracture in its most critical zone. It was determined that the mirror proposed in this research is 93% more efficient than R1 and R2, averaged over the four load cases applied. P3 has the lowest recorded maximum value of  $1.43E-01$  (MPa) in all load cases for the three mirrors analyzed

**Keywords:** category M3 class II, rear-view mirrors, Von Mises, yield strength.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los espejos retrovisores son dispositivos fundamentales que posee todo vehículo, según la normativa INEN 1155 [1] indica la exigencia que tanto al lado derecho como al izquierdo del vehículo, deberá contar con estos dispositivos para visualizar el entorno de una manera rápida y eficaz, donde permita realizar maniobras con mayor nivel de seguridad [2]. En base a las encuestas realizadas a un grupo de conductores profesionales que conducen vehículos de la subcategoría M3 clase II, se establece que los espejos retrovisores son importados, y que estos elementos pierden su efectividad a mediano plazo, ya que los elementos antes mencionados van perdiendo sujeción por distintas variantes físicas a los que son sometidos [3]. Por lo antes expuesto la presente investigación se enfocó en realizar un rediseño que cumpla con las normativas vigentes y que mejore las condiciones de efectividad a largo plazo, la cual minimice la resistencia provocada por el aire en los espejos retrovisores laterales delanteros de los vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II [4]. A nivel nacional existen 54 empresas que se dedican al ensamblaje de carrocerías de buses que se rigen con la Normativa INEN 1323 [5] y que cuentan con la certificación de homologación de la Agencia Nacional de Tránsito [6], para el ensamblaje en su totalidad se necesita del 25 % de elementos importados entre ellos se encuentra los espejos retrovisores, motor, caja de cambios y dispositivos electrónicos [7].

El principal objetivo de la investigación es analizar los diseños existentes con uno propuesto en beneficio de su diseño en base de las cargas analizadas en el software escogido donde mediante simulaciones virtuales se identificó las deficiencias aerodinámicas que presenta los retrovisores en los vehículos de transporte público de la

subcategoría M3 clase II. Inicialmente se indagó cuáles son los vehículos de esta categoría que usan este tipo de elementos, luego se investigó los materiales con los que están contruados los diferentes retrovisores para a continuación verificar bajo que normativa se construye estos elementos, posteriormente ser analizados mediante ensayos virtuales, identificando o desarrollando así el modelo más apropiado de acuerdo a las características físicas del vehículo de transporte público y finalmente realizando una comparación del modelo propuesto con los modelos ya existente en el mercado nacional.

La investigación realizada por Byron Enríquez, Iván Espinoza y Elías Ponce menciona que a través del software de elementos finitos les facilitó la ejecución y el análisis de fuerzas máximas de tensión en un corrector de camber y un extractor de juntas homocinéticas que sea viable económicamente, donde fue ejecutado el análisis estático estructural de los límites de fuerza, dando como resultado un factor de seguridad que permitió reducir los daños estructurales causados por la deformación del material [8] [9], lo que significa que mediante la simulación de elementos finitos permite diseñar y analizar los esfuerzos máximo de tensión según el rango permisible de plasticidad del material evitando así las fracturas o fisuras.

El estudio ejecutado por Ember Zumba determina que para imprimir manijas de elevador de vidrios en 3D seleccionó el material ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) porque es resistente a altas temperaturas y presenta mejoras en propiedades mecánicas y térmicas [10].

Otro estudio elaborado en la UNAM por David Velazquillo menciona que al analizar varias variables de un banco de pruebas tuvo que ser sometido al programa de elementos finitos realizando así pruebas de resistencia de los materiales de construcción. Este banco de pruebas tenía la finalidad de probar

el accionamiento mecánico de las puertas en vehículos y camionetas [11].

Para alcanzar los objetivos propuestos de esta investigación, se utilizó el método experimental y exploratorio, los mismos facilitarán las simulaciones virtuales para poner a prueba los diferentes diseños estructurales propuestos, pudiendo así obtener los resultados para realizar una comparación del material y diseño ya existente con el propuesto y así conocer las mejoras.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Elementos de seguridad vehicular

Los elementos de seguridad vehicular son dispositivos del vehículo que se encarga de aumentar la seguridad y salvaguardar la integridad física de los ocupantes, antes, durante y después de que sucede un accidente de tránsito [12]. Se divide en dos categorías, la seguridad pasiva minimiza los daños producidos a las personas que viajan en el vehículo, una vez producido el accidente [13]. Seguridad activa son elementos del vehículo cuyo objetivo es evitar la pérdida de control de su trayectoria para ello en esta categoría se menciona al espejo retrovisores que por normativa NTE INEN 1155 [14] necesita todo vehículo para circular.

### 2.2. Espejo retrovisor

El espejo retrovisor es un dispositivo determinado como, seguridad activa del vehículo que permite la visión del conductor, facilitando la visualización del área que se encuentra alrededor y posterior del vehículo. Estos espejos van montados sobre una carcasa plástica o metálica que sirve de protección del cristal [15].



**Figura 1. Espejo retrovisor manual**  
Fuente: [15]

### 2.3. Espejo retrovisor en la subcategoría M3 clase II.

No existe ninguna norma que fije la exigencia en cuanto a las dimensiones de los retrovisores [16], pero nace como consecuencia de la obligación en la normativa NTE INEN 2205.

**Tabla 1. Medidas de visibilidad**

Visibilidad desde el espejo	Medida
Área del suelo hasta el eje trasero	60 metros
Filo del neumático del eje posterior	3,6 metros

Fuente: Autores

En la tabla 1 indica la obligatoriedad de dos elementos de visión indirecta, que tiene una superficie plana y otra convexa, para garantizar la visibilidad del suelo y la puerta de la entrada de los pasajeros [17].

#### 2.3.1. Normativa 49 CFR § 571.111 - Norma N.º 111; Visibilidad trasera.

La normativa 49 CFR § 571.111 de los Estados Unidos de Norte América establece que todos los vehículos deberán contar con dos dispositivos de visión indirecta los mismo que permitirán una visión exterior lateral posterior, de tal manera que el conductor tenga una visión clara y amplia ,para minimizar los accidentes potenciales que existen, los fabricantes de vehículos cumplen con la normativa actual, pudiendo ingresar a cada país, además los dispositivos de visión indirecta de los vehículos anteriormente construidos a esta normativa por ley federal tienen que substituirse para cumplir esta normativa [18].

#### 2.3.2. NTE INEN 1323 primera revisión Vehículos Automotores. Carrocerías De Buses. Requisitos.

Según la normativa NTE INEN1323 vigente en el país indica los requerimientos en la fabricación, diseño y montaje de las carrocerías en Ecuador [19]. Se establece los parámetros que se tomen en cuenta para el

cálculo de cargas vivas y muertas al igual que las fuerzas que generar la resistencia del aire, al frenar, girar, pero principalmente al acelerar, los cálculos necesarios para este análisis serán basados en esta normativa, con los cálculos mencionados anteriormente se pueda generar simulación en el software designado.

#### 2.4. Carga por resistencia del aire frontal

Se la aplicará como la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal [19]. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$R_{af} = \left(\frac{1}{2}\right) \rho C_x A_f V^2 \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

$R_{af}$  = Carga por resistencia Aerodinámica, en (N)

$\rho$  = Densidad del aire, en (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = Velocidad del aire, en (m/s). Como mínimo 25 m/s.

$A_f$  = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m<sup>2</sup>)

$C_x$  = Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7)

#### 2.5. Carga de giro

La carga de giro se interpreta como el momento en que el vehículo ingresa a una curva a una velocidad determinada generando así una fuerza centrífuga en el centro de gravedad del vehículo [19]. Puede expresarse de la siguiente forma:

$$F_g = M * \frac{v^2}{r} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

$F_g$  = Fuerza de giro (N)

$M$  = Masa de la estructura (Kg)

$V$  = Velocidad al cuadrado (m/s)

$R$  = Radio máximo

#### 2.6. Carga Frenado brusco

El vehículo al momento de aplicar una desaceleración produce una fuerza de frenado, la cual el resultado será aplicado en la misma dirección del movimiento del vehículo [20]. La ecuación que se utilizó para conocer el valor de frenado es la siguiente:

[Ec. 3]

$$a_{\text{Frenado}} = \frac{v_f - v_0}{t}$$

Donde:

$a_{\text{frenado}}$  = frenado (N)

$V$  = Velocidad inicial (m/s).

$V_f$  = Velocidad final (m/s).

$t$  = Tiempo (s).

La Normativa INEN 1323 menciona que la fuerza de frenado debe ser mayor o igual a 4 m/s<sup>2</sup> según los ensayos aplicados al rendimiento de frenado [19]. La ecuación de la fuerza de frenado se expresa como:

[Ec. 4]

$$f_r = M * a_{\text{Frenado}}$$

Donde:

$F_f$  = Fuerza de frenado (N)

$M$  = Masa (kg).

$a_{\text{frenado}}$  = frenado.

#### 2.7. Carga de Aceleración brusca

La carga de aceleración brusca es el mismo resultado de la carga de frenado brusco, la única diferencia es que la dirección aplicada será en sentido opuesto de la estructura, en este caso la carga se coloca de atrás hacia delante [19].

#### 2.8. Puntos críticos

Las conexiones entre elementos estructurales son puntos críticos (puntos de equilibrio, puntos de bifurcación), aparecen grietas o fracturas unidireccionales, fallas por adherencia o sujeción en el acero, anclaje insuficiente del refuerzo longitudinal y esfuerzos excesivos de flexión. La teoría de bifurcaciones es un campo matemático centrado en el estudio de los cambios en la estructura cualitativa [21].

##### 2.8.1. Deflexión

La deflexión es el grado en el que un elemento estructural se desplaza bajo la aplicación de una fuerza o carga, aplicando las leyes que relacionan las fuerzas y desplazamientos [22]. Las deflexiones excesivas de un miembro pueden producir daños en otros miembros estructurales.

### 2.8.2. Von mises

La tensión de Von Mises indica la tensión máxima admisible por el material en el espacio (tensiones en las direcciones x, y, z) de la estructura para determinar si el material es el adecuado para elaborar el elemento [23].

### 2.8.3. Deformación

Todo elemento estructural sometido a la acción de cargas se deforma de manera elástica, cuando desaparece al cesar la acción que lo produce [24], por lo que las partículas elementales del cuerpo vuelven a su posición inicial; y permanente de un comportamiento plástico, cuando persiste después de desaparecer la causa que lo ha producido.

### 2.8.4. Puntos elásticos o plásticos

Es la tensión más allá del cual el material no vuelve a recuperar totalmente su forma original al ser descargado [25], sino que queda con una deformación residual llamada de formación permanente.

## 3. MÉTODO Y MATERIALES

### 3.1. Metodología

El presente estudio inicio con una primera fase aplicando el método exploratorio donde se investigó en fuentes bibliográficas los diferentes materiales de los cuales están contruidos los espejos retrovisores de los vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II y bajo qué normativa se construye estos dispositivos. La segunda fase se realizó una encuesta general a los conductores profesionales de los vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II, donde se indago la precepción de las distintas variables a las que son sometidos estos dispositivos, al momento del desplazamiento de la unidad de transporte. La tercera fase se realizó de manera virtual y se utilizó el método experimental en el modelo propuesto en el

cual se ejecutó ensayos mediante el software elegido, donde se analizó las características ideales según las variables existentes en los diseños de los espejos retrovisores que se presentan en la actualidad. Luego se realizó la comparación del modelo propuesto con los dos modelos existentes dando un enfoque cuantitativo del análisis de la eficiencia en los esfuerzos y la resistencia aerodinámica que genera el aire en los espejos retrovisores.

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Vehículos

En la Ciudad de Quito existen 47 Cooperativas de Transporte Intra Cantonal rural y combinada [26] por lo cual se ha tomado como referencia la ruta Zabala Estación Rio Coca de la metro vía, ya que cumple con los requerimientos planteados para la presente investigación. En la ruta fijada los vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II circulan por vías que se encuentran en la perimetral y en las vías de la zona urbana [27] de la ciudad de Quito.

**Tabla 2. Porcentaje de la Subcategoría de Vehículos de Transporte Público**

Tipo de vehículo	Zona Urbana	Zona Perimetral
subcategoría M3 clase II	80%	90%
subcategoría M2 clase II	75%	50%

**Fuente:** Autores

Se determinó que la ruta Zabala Estación Rio Coca de la metro vía contribuye con la recolección de datos necesarios para la presente investigación en la zona urbana la carga aerodinámica es menor, ya que la velocidad máxima permitida es de 40 km/hora y en la zona perimetral la carga aerodinámica mantendrá un incremento significativo en el porcentaje de resistencia ya que la velocidad máxima permitida es de 70 km/hora.

### 3.2.2. Ruta de análisis

En la ruta Calderón Zabala – Rio Coca se determinó que su trayecto es de 17,8 km en



donde se estableció que el 10% se encuentra con irregularidades en la calzada por lo que genera otra variable que se toma en cuenta para realizar la simulación en el software.



**Figura 2. Ruta Zabala- Rio Coca**

Fuente: Autores

Existen dos tipos de vías en las cuales cada una de ellas tiene diferentes velocidades que varían según el tipo, la zona urbana tiene un límite de velocidad máxima de 40 km/h y la vía perimetral tiene un límite de velocidad máxima de 70 km/h [27] para vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II.

### 3.2.3. Materiales de los retrovisores

Se utilizó un espejo que cumple con los requerimientos o normativas de seguridad y desempeño vigente, mismo que se puede encontrar en unidades de transporte público de la subcategoría M3 clase II con nuevas mejoras estéticas y aerodinámicas en la unidad. Los materiales que se utilizaron son los que localmente se puede encontrar, facilitando la obtención y costos. Se tomó en cuenta los posibles inconvenientes que se pueden presentar en la fabricación, por falta de tecnología para la fabricación en serie. Para la estructura el aluminio es el material que se escogió, ya que nos permite tener menor peso y a su vez una rigidez a lo largo del nuevo diseño. Para la carcasa se utilizó la fibra de vidrio, la misma que permite un fácil moldeo, rigidez estructural, y acabados estéticos de un alto nivel.

**Tabla 3. Materiales de un retrovisor exterior**

Parte	Material
Base vidrio	aluminio
Carcasa	plástica/fija de vidrio
Anclaje	acero
Soporte	acero

Fuente: Autores

La tabla 3 indica los materiales comúnmente empleados en los espejos retrovisores de los vehículos de transporte M3 clase II.

### 3.2.4. Encuesta

Para la presente investigación se inició con una encuesta de campo de 7 preguntas cerradas de opción múltiple a los conductores de vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II, en donde se determinó que el 76,6% menciona que tiene problemas con los espejos retrovisores por una mala sujeción debido a las vibraciones producidas por el motor, calzada con irregularidades y diseños de retrovisores que no favorecen la ruptura de la resistencia del viento incrementando el movimiento y en consecuencia el ruido del espejo sobrepasado una determinada velocidad. El 76,6% indica que por la falta de repuestos para estos dispositivos se compromete en un rango alto la aerodinámica, ya que los arreglos se los realiza artesanalmente modificando en cierta parte el diseño y materiales del espejo original. El 66,6 % de los encuestados concuerdan con que se ha mejorado los tiempos para la realización de los mantenimientos de estos dispositivos, ya que en la actualidad este tipo de control se programa una vez al año.

### 3.3. Software

Para llevar a cabo el proceso de comparación del modelo propuesto con el modelo existente, se utilizó el software de diseño asistido por computadora (CAD) y el software de ingeniería asistida por ordenador (CAE) [28] que a partir de un modelo diseñado en CAD realiza la simulación de ensayos virtuales bajo variables ejecutado sobre el espejo retrovisor de los vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II.

### 3.3.1. Altair Inspire

Es un software de ingeniería asistida por computador CAD para crear y evaluar diseños en simulaciones estructurales determinando un diseño que soporta las cargas requeridas [29], dando la facilidad de reducir costo, tiempo consumo del material y el peso del elemento a diseñar.

### 3.3.2. Simsolid

Se analizó el espejo retrovisor exterior en el software de simsolid donde no fue necesario elaborar un previo mallado en el elemento para ejecutar el análisis estructural de la simulación [30] de manera rápida y eficiente aplicando diferentes variables como: fuerza, presión y temperatura.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Datos de entrada

Se inicia con los resultados de las encuestas realizadas a los conductores profesionales de transporte de la subcategoría categoría M3 clase II, donde se determinó y constato la falta de un previo análisis de cargas antes de la fabricación de la estructura perjudicando así la sujeción del espejo retrovisor. En la elaboración de las siguientes tablas se identificó los términos R1, R2 y P3 correspondientes al retrovisor uno, retrovisor dos y al retrovisor tres que representa el diseño propuesto en la presente investigación, los tres retrovisores están diseñados al lado izquierdo de los vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II visto desde atrás del mismo [31].



Figura 3. Retrovisor 1, 2 y 3 de los vehículos de transporte público

Fuente: Autores

Los espejos retrovisores uno y dos son modelos existentes en el mercado nacional los mismos que son importados, ya que en la

actualidad la Industria Ecuatoriana no fábrica este tipo de elementos de seguridad, por lo que se determinó el diseño en el software determinado el material fibra de vidrio. En el espejo retrovisor propuesto se diseñó con los tres espejos, un plano y dos cóncavos dentro de la estructura mejorando si la resistencia aerodinámica.

Tabla 4. Características de los retrovisores exteriores

	R1	R2	P3
Largo	164 cm	172 cm	184 cm
Ancho	20 cm	25 cm	30 cm
Profundidad	11 cm	9 cm	13 cm
Materiales (Brazo)	Aluminio	Aluminio	Aluminio
Materiales (Carcaza)	Acrilonitrilo butadieno estireno	Acrilonitrilo butadieno estireno	Fibra de vidrio
Peso	11 kg	12.5 kg	X

Fuente: Autores

La tabla 4 indica las dimensiones y materiales de cada retrovisor analizado.

### 4.2. Datos de los modelos matemáticos

Para la elaboración de los modelos matemáticos en función de los diseños, se inició con la búsqueda de ciertos datos de densidad, radio máximo a determinada velocidad y el coeficiente de resistencia que presenta los vehículos de la subcategoría M3 clase II.

Tabla 5. Datos de entrada para las ecuaciones

	Datos Generales
Velocidad 40 km/h	11,11 m/s
Velocidad 70 km/h	19,44 m/s
Densidad	1,225 kg/m <sup>3</sup>
Radio máximo a 40 km/h	50 m
Radio máximo a 70 km/h	190 m
Coefficiente de resistencia	0,50

Fuente: Autores

La tabla 5 indica los valores que se utilizó para resolver las ecuaciones y determinar el valor de las cargas aplicadas en los tres modelos de espejos retrovisores. Los datos de entrada facilitaron la obtención de resultados para posteriormente ingresar las cargas al software y simular las fuerzas para analizar la tensión máxima admisible del

material y no sobrepasar el límite plástico, se usó el mismo bus para los tres modelos en las simulaciones.

### 4.3. Casos de cargas

#### 4.3.1. Carga aerodinámica

El coeficiente de resistencia aerodinámico al avance para autobús convencional es de 0,50 [20]. La densidad del aire en la ciudad de Quito es de 1,225 kg/m<sup>3</sup>. El área frontal en la sección transversal es la que se tomó como referencia para los vehículos de la subcategoría M3 clase II, fabricados por la Empresa de carrocerías IMETAN, misma que representa un 60 % de las unidades identificadas en la presente investigación. Para ingresar los resultados de la carga aerodinámica en el software se tomarán como referencia la velocidad máxima (V1) que es de 40 km/h en la zona urbana y velocidad máxima (V2) de 70 km/h en zona perimetral como lo establece en la Ley para el transporte público de pasajeros en el Distrito Metropolitano de Quito [32]

**Tabla 6. Cargas Aerodinámicas**

	Velocidad 1	Velocidad 2
$C_x$	0,50	0,50
$\rho$	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1,225 kg/m <sup>3</sup>
$a_f$	7,51 m <sup>2</sup>	7,51 m <sup>2</sup>
$R_{af}$	283,78 N	868,85 N

**Fuente: Autores**

La tabla 6 indica los valores de carga aerodinámica a diferentes velocidades que representa un vehículo de transporte público de la subcategoría M3 clase II.

#### 4.3.2. Carga de giro

Para proceder con el cálculo de la carga de giro fue importante conocer el valor del peso total del vehículo de transporte público. La carga muerta que hace referencia al peso bruto del vehículo con sus sistemas, componentes estructurales y accesorios [19]. La carga viva indica el valor del peso misma que será de 70 kg por ocupante, dato que se tomará en cuenta para el siguiente cálculo de carga de giro, que dicho peso se distribuye

uniformemente en los vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II, según especifica la Normativa INEN 1323 [19].

**Tabla 7. Peso Total**

	Vehículo de Transporte Público
<b>Carga Muerta</b>	14200 kg
<b>Carga Viva</b>	5740 kg
<b>Peso<sub>Total</sub></b>	19940 kg

**Fuente: Autores**

Para tener la carga viva total se toma en cuenta que el Vehículo de Transporte Público tiene una capacidad máxima de 82 personas la cual se distribuye uniformemente en el vehículo. Para los radios máximos de giro según las velocidades aplicadas para la presente investigación, se tomó como referencia la Norma IC Trazado de la Instrucción de Carreteras según la Orden FOM/273/2016 [33].

**Tabla 8. Fuerza de Giro**

	Velocidad 1	Velocidad 2
<b>M</b>	19940 kg	19940 kg
<b>R</b>	50 m	190 m
<b><math>F_g</math></b>	49224,721 N	39661,038 N

**Fuente: Autores**

La tabla 8 demuestra la fuerza de giro que se aplica a un vehículo.

#### 4.3.3. Carga de frenado

Para determinar el frenado del vehículo de transporte público de la subcategoría M3 clase II, se tomó como referencia la velocidad de 40 km/h y 70 km/h con su respectivo tiempo de detención.

**Tabla 9. Cargas de Frenado Violento**

	Velocidad 1	Velocidad 2
$V_0$	11,11 m/s	19,44 m/s
$V_f$	0	0
$t$	7,97 seg	13,08 seg
$a_{Frenado}$	1,394 m/s <sup>2</sup>	1,486 m/s <sup>2</sup>

**Fuente: Autores**

El resultado de la carga de frenado se obtiene con la masa total del vehículo de transporte

público de la subcategoría M3 clase II, la misma que se suma con las cargas vivas y cargas muertas por el valor obtenido del  $a_{Frenado}$  evidenciado en la tabla 7.

**Tabla 10. Carga de Frenado**

	V1	V2
<b>Muerta</b>	14200 kg	142000 kg
<b>Viva</b>	5740 kg	5740 kg
$a_{Frenado}$	1,394 m/s <sup>2</sup>	1,486 m/s <sup>2</sup>
$f_r$	-27796,36 N	-29630,84 N

**Fuente: Autores**

La tabla 10 muestra el valor resultante de la carga de frenado de la ecuación 4 correspondiente a la velocidad permitida tanto para las zonas rurales y urbanas, según las normas vigentes de tránsito para vehículos de transporte público de la subcategoría M3 clase II.

#### 4.3.4. Carga de aceleración

La carga de aceleración se asemeja a la ecuación de carga de frenado, la única diferencia que la caracteriza es en el momento de aplicación la carga de aceleración, se analizó que la dirección del movimiento va al lado contrario al mismo [20].

#### 4.4. Puntos previos a la simulación

Se colocó restricciones en la parte izquierda del brazo de cada retrovisor simulando la sujeción a la carrocería del bus. Se aplicó las cargas mediante el resultado de las ecuaciones anteriormente mencionadas para analizar el criterio von mises, desplazamiento y deformación unitaria. En cada simulación se observa una barra de colores que indica el incremento de color azul al rojo que identifican los valores mínimos a los valores máximos respectivamente en las zonas más afectadas de las estructuras de los espejos retrovisores.

##### 4.4.1. Material empleado del software

En cada espejo retrovisor se añadió un material específico en cada parte de su estructura, en la siguiente tabla se evidencia las características técnicas de cada material.

**Tabla 11. Materiales aplicados**

	Materiales			
	Plást. ABS	Alum.	Plást.	Fib vidrio
<b>Mod. Elast. (MPa)</b>	2,2+03	7,3+04	7,0+02	7,2+04
<b>Coef. Pois.</b>	0,38	0,33	0,4	0,19
<b><math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1,0+03	2,7+03	1,2+03	2,5+02
<b>Resis. Trac. (MPa)</b>	2,0+01	4,6+02	4,0+01	2,5+03
<b>Lím. Fluen. Trac. (MPa)</b>	2,9+01	3,2+02	3,0+01	3,2+03
<b>Lím. Fluen. Comp. (MPa)</b>	2,0+01	3,2+02	3,0+01	3,2+03

**Fuente: Autores**

La finalidad de realizar la simulación a cada espejo retrovisor es demostrar que los valores máximos no sobrepasen la resistencia a la tracción ni el límite de fluencias de tracción y compresión indicadas en la tabla 11.

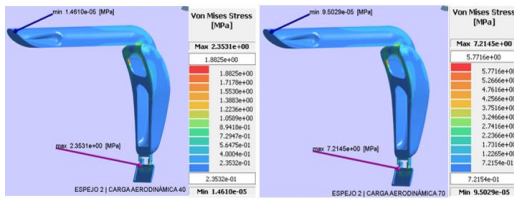
#### 4.5. Von mises

En cada caso de carga se realizó dos simulaciones la primera a una velocidad de 40 km/h y la segunda a una velocidad de 70 km/h, la fuerza se coloca en la misma dirección y en las mismas zonas. El software posee una opción de ajuste para la deformación y movimiento de las estructuras en cada simulación para realzar el movimiento y que sea más visible para poder reconocer los valores máximos en cada análisis.

##### 4.5.1. Resultados individuales retrovisor 1

###### a. Carga aerodinámica

La carga aerodinámica se coloca en el área frontal de la carcasa del retrovisor en este caso la carga viene dada de adelante hacia atrás como se puede observar en la fig.4. Al ser una fuerza tan imperceptible la estructura principal no tuvo ningún desplazamiento sin embargo en el espejo retrovisor inferior al formar parte de un elemento auxiliar de visibilidad para el conductor y estar sujeto únicamente en la parte superior se presenció un desplazamiento pendular hacia atrás.



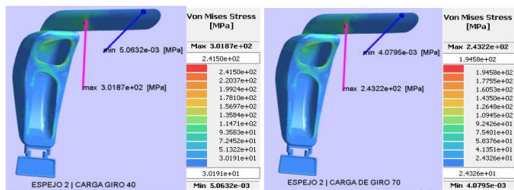
**Figura 4. Carga aerodinámica retrovisor 1**

**Fuente: Autores**

El R1 representa que el valor máximo de la carga aerodinámica a una velocidad de 40 km/h es de  $2,25E+00$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $7,21E+00$  (MPa), siendo mayor el resultado en la velocidad de 70 km/h, dado por el aumento de velocidad.

### b. Carga de giro

En la carga de giro la fuerza se aplica en dirección contraria de la sujeción del espejo retrovisor a la carrocería del bus (derecha-izquierda). La fig.5 demuestra como la estructura tiene un desplazamiento hacia el lado izquierdo y la zona más afectada es la parte media del brazo de la estructura ya que al tener el anclaje de la sujeción a la carrocería se dobla por la mitad formando un efecto de palanca.



**Figura 5. Carga giro retrovisor 1**

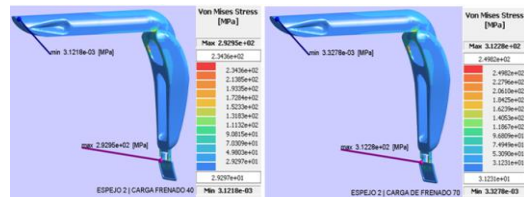
**Fuente: Autores**

El R1 indica el valor máximo de la carga de giro a una velocidad de 40 km/h es de  $3,01E+02$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $2,43E+02$  (MPa). En este caso el valor máximo de la velocidad de 40 km/h es mayor debido a que el radio es menor por lo que la fuerza de giro va ser mayor por la distancia de la fuerza centrífuga.

### c. Carga de frenado

La carga de frenado se aplica de atrás hacia delante del vehículo de transporte público

de la subcategoría M3 clase II. Como se aprecia en la fig. 6 el espejo retrovisor extra es empujado hacia delante por la fuerza de frenado.



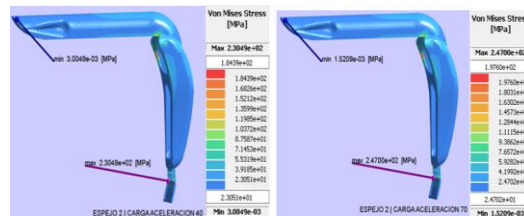
**Figura 6. Carga de frenado retrovisor 1**

**Fuente: Autores**

A una velocidad de 40 km/h el valor en el R1 es de  $2,92E+02$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $3,12E+02$  (MPa). Se aprecia el valor máximo de carga en la velocidad de 70 km/h debido a que mayor velocidad el frenado será más violento en la maniobra que debe realizar el conductor ante cualquier obstáculo presente en la vía.

### d. Carga de aceleración

La carga de aceleración y de frenado poseen el mismo valor sin embargo la dirección en la que se aplica la fuerza va ser opuesta, es decir que esta fuerza viene dada de adelante hacia atrás. Como se observa en la fig.7 el espejo retrovisor tiene un desplazamiento hacia atrás.



**Figura 7. Carga de aceleración retrovisor 1**

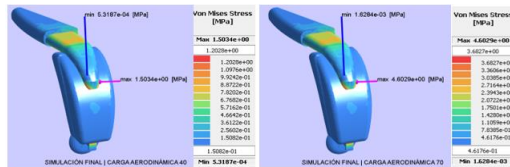
**Fuente: Autores**

En R1 se analiza los valor máximo de la carga de aceleración a una velocidad de 40 km/h es de  $2,30E+02$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $2,47E+02$  (MPa). En el segundo caso de velocidad al tener una mayor aceleración la fuerza será más violenta para toda el área frontal del vehículo de transporte público de la subcategoría M3 clase II.

## 4.5.2. Resultados individuales retrovisor 2

### a. Carga aerodinámica

En la fig.8 se observa que la zona más crítica en respuesta a la carga aplicada de la estructura es la unión de la parte final del brazo y la carcasa del espejo retrovisor, ya que es empujado de adelante hacia atrás.

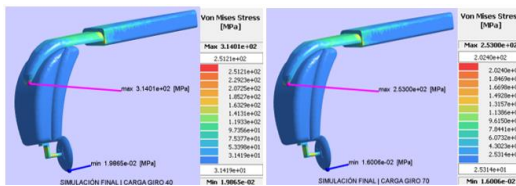


**Figura 8. Carga aerodinámica retrovisor 2**  
Fuente: Autores

En el R2 los valores máximos analizados para la carga aerodinámica a una velocidad de 40 km/h son de  $1,50E+00$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $4,60E+00$  (MPa).

### b. Carga de giro

La fig. 9 indica como la carga de giro empuja la estructura hacia su lado interno, siendo la unión de la parte final del brazo y la carcasa del espejo retrovisor la zona más afectada.



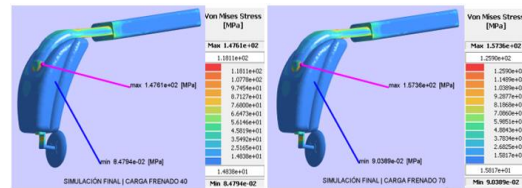
**Figura 9. Carga de giro retrovisor 2**  
Fuente: Autores

Los valores máximos representados para la carga de giro a una velocidad de 40 km/h son de  $3,14E+02$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $2,53E+02$  (MPa).

### c. Carga de frenado

La unión de la parte final del brazo con la carcasa del espejo retrovisor es la zona que concentra mayor tensión, ya que al tener un desplazamiento de atrás hacia delante el

cuerpo del espejo retrovisor empuja hacia arriba a la parte final del brazo tratando de separarlo como se aprecia en la fig.10.

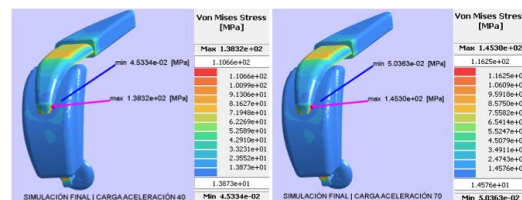


**Figura 10. Carga de frenado retrovisor 2**  
Fuente: Autores

La carga de frenado del R2 a una velocidad de 40 km/h es de  $1,47E+02$  (MPa) como máximo y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,57E+02$  (MPa).

### d. Carga de aceleración

En el R2 se puede observar que en todos los casos de carga la zona con mayor afectación está ubicada en la misma parte dado que se consideran áreas críticas a las uniones, ya sean empennadas o soldadas en una estructura. La fig. 11 indica como la parte final del brazo empuja al cuerpo del espejo retrovisor hacia atrás.



**Figura 11. Carga de aceleración retrovisor 2**  
Fuente: Autores

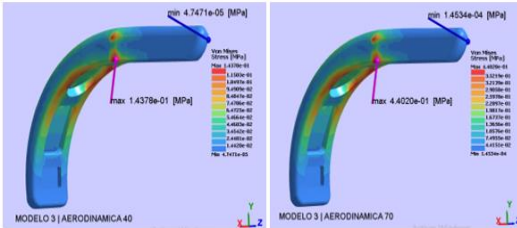
El valor máximo que pertenece a la carga de aceleración en el R2 a una velocidad de 40 km/h es de  $1,38E+02$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,45E+02$  (MPa).

## 4.5.3. Resultados individuales retrovisor 3

### a. Carga aerodinámica

En la fig.12 muestra el modelo del P3 el conjunto brazo y carcasa es un solo cuerpo, la parte superior del brazo está anclado a la carrocería del bus lo que significa que esta

parte es inmóvil a diferencia del resto del cuerpo del espejo retrovisor, el cual debido a la carga aerodinámica que viene dada de adelante hacia atrás dobla la estructura donde empieza la curvatura.

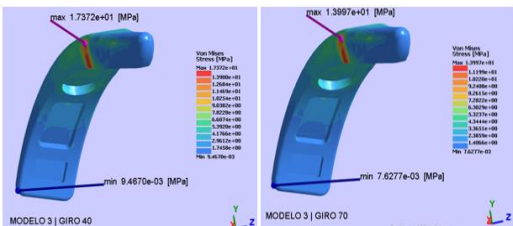


**Figura 12. Carga de aerodinámico**  
Fuente: Autores

El valor máximo correspondiente al P3 de la carga aerodinámica a una velocidad de 40 km/h es de  $1,43E-01$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $4,40E-01$  (MPa).

### b. Carga de giro

La carga de giro produce una fuerza centrífuga que va de derecha hacia la izquierda que genera un efecto de torcedura en la zona donde empieza la curva del espejo retrovisor como se observa en la fig.13.



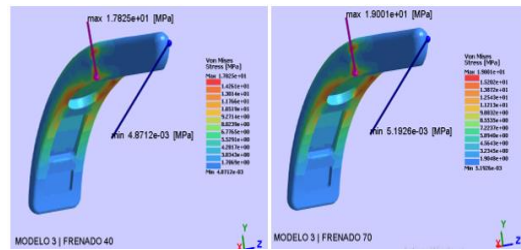
**Figura 13. Carga de giro retrovisor 3**  
Fuente: Autores

La carga de giro indica a una velocidad de 40 km/h que el valor máximo es de  $1,73E+01$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,39E+01$  (MPa).

### c. Carga de frenado

Al tener una carga en dirección hacia delante la fig. 14 señala como la estructura se desplaza hacia la misma afectando en

mayor proporción a la zona donde inicia la curvatura.

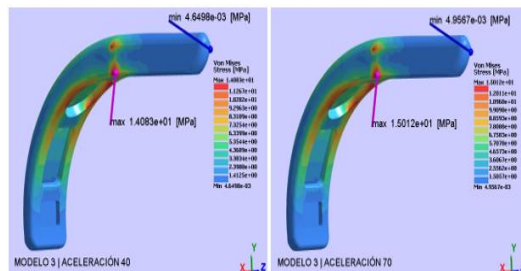


**Figura 14. Carga de frenado retrovisor 3**  
Fuente: Autores

El P3 genera en la carga de frenado a una velocidad de 40 km/h un valor máximo de  $1,78E+01$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,90E+01$  (MPa).

### d. Carga de aceleración

Tal como en el caso de carga aerodinámica la estructura se desplaza de adelante hacia atrás, por lo cual se evidencia que la zona crítica es la misma con diferentes valores máximos de tensión.



**Figura 15. Carga de aceleración retrovisor 3**  
Fuente: Autores

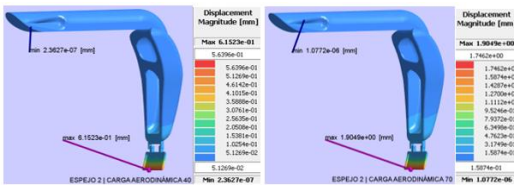
Los valores máximos que indica la fig.15 de la carga de aceleración que entrega el P3 a una velocidad de 40 km/h es de  $1,40E+01$  (MPa) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,50E+01$  (MPa).

## 4.6. Desplazamiento

### 4.6.1. Resultados individuales retrovisor 1 a. Carga aerodinámica

En la fig.16 se observa que el mayor desplazamiento de la estructura se encuentra en la parte inferior del espejo retrovisor auxiliar, donde se aprecia las tonalidades rojizas debido a que en esta

parte el retrovisor no tiene ninguna sujeción.

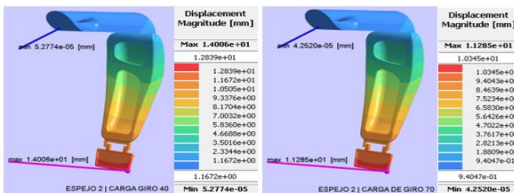


**Figura 16. Carga aerodinámica retrovisor 1**  
Fuente: Autores

La simulación de desplazamiento de la carga aerodinámica en el R1 indica el valor máximo de carga a una velocidad de 40 km/h es de  $6,15E+01$  (mm) y a una velocidad de 70 km/h es de  $1,90E+00$  (mm).

### b. Carga de giro

En la carga de giro todo el espejo retrovisor posee un desplazamiento por la carga que viene dada de derecha- izquierda sin embargo el mayor desplazamiento se sitúa en la parte inferior en la esquina derecha del espejo retrovisor auxiliar como se observa en la fig.17.

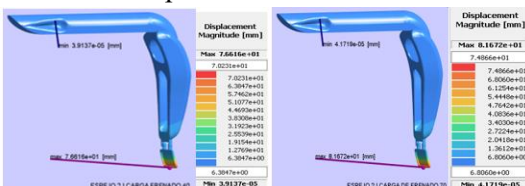


**Figura 17. Carga de giro retrovisor 1**  
Fuente: Autores

A una velocidad de 70 km/h la carga máxima de giro en el R1 es de  $1,12E+01$  (mm) y a una velocidad de 40 km/h es de  $1,40E+01$  (mm)

### c. Carga de frenado

En la fig.18 se presenta el desplazamiento máximo encontrado a causa de la carga de frenado está ubicado en el espejo retrovisor auxiliar en su parte inferior.

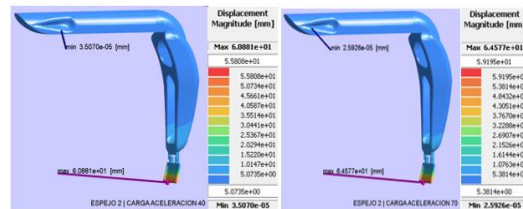


**Figura 18. Carga de frenado retrovisor 1**  
Fuente: Autores

El R1 indica el valor máximo de la carga de frenado a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $8,16E+01$  (mm) y a una velocidad 40 km/h es de  $7,66E+01$  (mm).

### d. Carga de aceleración

En la fig.19 se observa que la zona de color rojo se encuentra en el mismo lugar que en el caso de la carga aerodinámica siendo así la parte inferior del espejo retrovisor auxiliar la que posee un mayor desplazamiento.



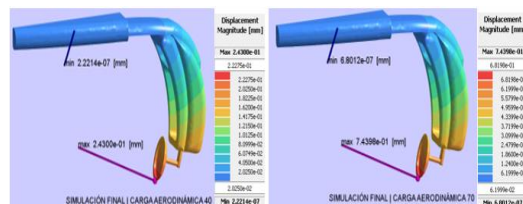
**Figura 19. Carga de aceleración retrovisor 1**  
Fuente: Autores

El software indica que en el diseño del R1 el valor máximo de carga de aceleración es de  $6,08E+01$  (mm) a una velocidad de 40 km/h y  $6,45E+01$  (mm) a una velocidad de 70 km/h.

## 4.6.2. Resultados individuales retrovisor 2

### a. Carga aerodinámica

Debido a que el espejo retrovisor auxiliar cuelga de la parte inferior del espejo retrovisor principal esta zona tiene un mayor movimiento en consecuencia de este comportamiento el mayor desplazamiento se encuentra en la parte inferior del espejo retrovisor auxiliar.



**Figura 20. Carga aerodinámica retrovisor 2**  
Fuente: Autores

En la fig.20 el diseño del R2 muestra que el valor máximo de la carga aerodinámica a una velocidad de 40 km/h es de  $2,43E-01$  (mm) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $7,43E-01$  (mm).



## b. Carga de giro

La carga de giro causa un movimiento total de la estructura hacia su lado interno y el valor máximo de desplazamiento se encuentra en la parte central inferior del espejo retrovisor auxiliar en donde se puede evidenciar en la fig.21

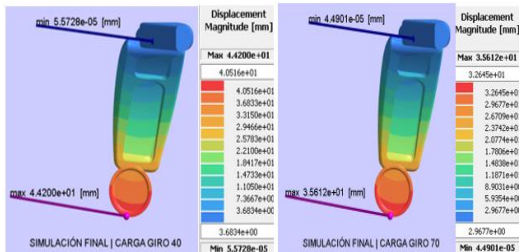


Figura 21. Carga de giro retrovisor 2  
Fuente: Autores

La carga de giro en el R2 señala que a una velocidad de 40 km/h es de  $4,42E+01$  (mm) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $3,56E+01$  (mm).

## c. Carga de frenado

Dado que la carga de frenado es una fuerza que desplaza toda la estructura hacia delante, y el espejo retrovisor auxiliar al no pertenecer al retrovisor principal fijo posee un mayor desplazamiento en su zona inferior como se aprecia en la fig.22.

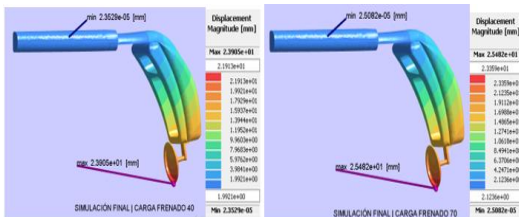


Figura 22. Carga de frenado retrovisor 2  
Fuente: Autores

El R2 indica el valor máximo de la carga de frenado a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $2,54E+01$  (mm) y a una velocidad de 40 km/h es de  $2,39E+01$  (mm).

## d. Carga de aceleración

Así como en la carga de frenado el mayor desplazamiento en toda la estructura del espejo retrovisor dos se sitúa en la misma zona, con la diferencia de que en ambos

casos de cargas las fuerzas se aplican en direcciones opuestas.

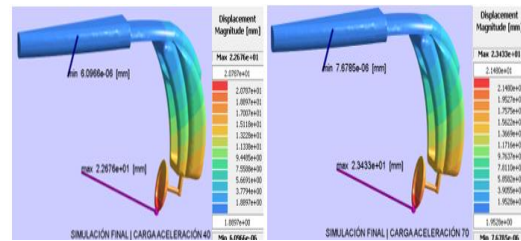


Figura 23. Carga de aceleración retrovisor 2  
Fuente: Autores

En la fig.23 el diseño del R2 representa los valores máximos de carga de aceleración a una velocidad de 70 km/h es de  $2,34E+01$  (mm) y aceleración a una velocidad de 40 km/h es de  $2,26E+01$  (mm)

## 4.6.3. Resultados individuales retrovisor 3 a. Carga aerodinámica

La estructura del P3 está diseñada como un solo cuerpo tomando en cuenta que el anclaje hacia la carrocería del bus está en la parte superior dejando libre la parte inferior, donde se genera un mayor desplazamiento debido al movimiento que provoca la carga.

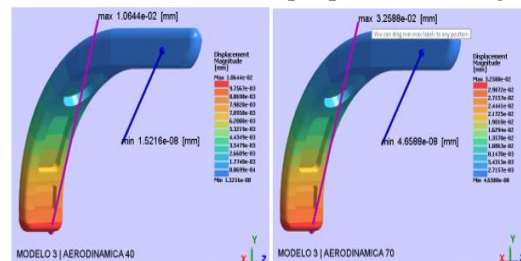
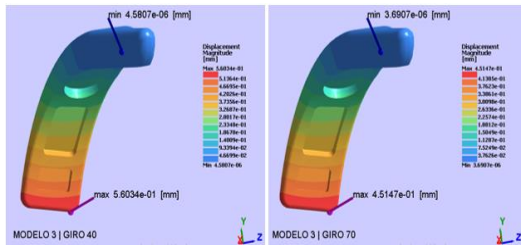


Figura 24. Carga aerodinámica retrovisor 3  
Fuente: Autores

La fig. 24 indica que a una velocidad de 40 km/h el valor máximo de la carga aerodinámica del P3 es de  $1,06E-02$  (mm) y a una velocidad de 70 km/h es de  $3,25E-02$  (mm).

## b. Carga de giro

En vista de que la carga de giro genera una fuerza que empuja a la estructura hacia su parte interna el desplazamiento máximo encontrado se ubica en la esquina inferior derecha del cuerpo de espejo retrovisor.

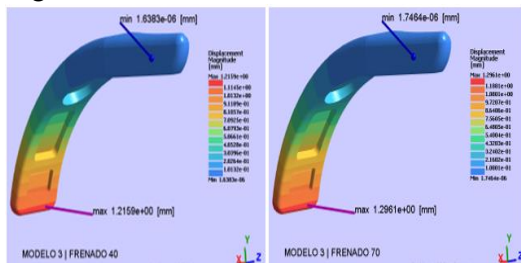


**Figura 25. Carga de giro retrovisor 3**  
Fuente: Autores

En la simulación de carga de giro en el P3 que se muestra la fig.25 indica el valor máximo de carga a una velocidad de 40 km/h es de  $5,60E-01$  (mm) y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $4,51E-01$  (mm).

### c. Carga de frenado

En la carga de frenado el mayor desplazamiento se encuentra en la parte inferior del espejo retrovisor en las zonas de color rojo como se puede observar en la fig.26.

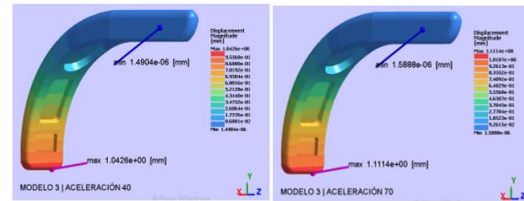


**Figura 26. Carga de frenado retrovisor 3**  
Fuente: Autores

Los valores máximos de la carga de frenado del P3 indica que a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,29E+00$  (mm) y a una velocidad de 40 km/h es de  $1,21E+00$  (mm)

### d. Carga de aceleración

En la fig.27 se identifica el mayor valor de desplazamiento de la estructura en la parte inferior como zona crítica, donde se observa el degradado desde la zona azul en la parte superior hasta la zona rojiza en la parte inferior, debido a que la carga de aceleración empuja al espejo de adelante hacia atrás.



**Figura 27. Carga de aceleración retrovisor 3**  
Fuente: Autores

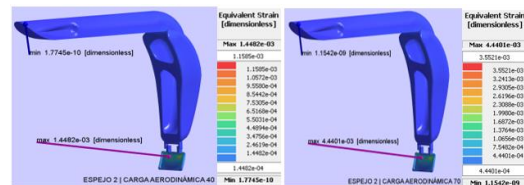
Los valores máximos de la carga de aceleración representados en el P3 son a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,11E+00$  (mm) y a 40 km/h es de  $1,04E+00$  (mm).

## 4.7. Deformación unitaria

### 4.7.1. Resultados individuales retrovisor 1

#### a. Carga aerodinámica

La deformación máxima encontrada en el R1 para la carga aerodinámica se ubica en el retrovisor auxiliar donde se coloca el espejo, específicamente al otro lado de donde se sujeta a las platinas mediante pernos, como se puede observar en la fig. 28.

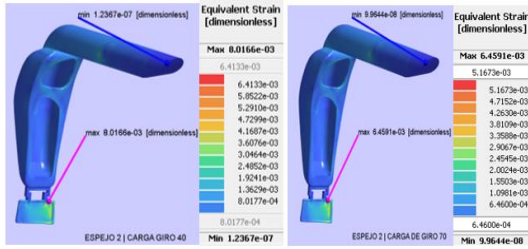


**Figura 28. Carga aerodinámica retrovisor 1**  
Fuente: Autores

El R1 indica el valor máximo de la carga aerodinámica a una velocidad de 40 km/h es de  $1,44E-03$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $4,44E-03$ .

#### b. Carga de giro

En el caso de la carga de giro como se observa en la fig. 29 la mayor deformación se encuentra en la esquina superior derecha del marco del espejo del retrovisor auxiliar puesto que la sujeción de las platinas trata de mantener el cuerpo del retrovisor inmóvil, sin embargo, la fuerza que lo empuja hacia la izquierda lo desplaza en esta dirección deformándolo.

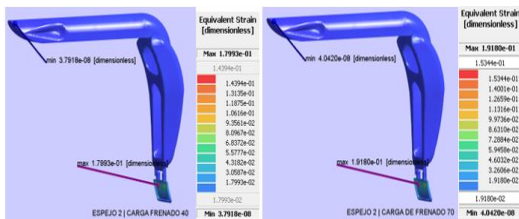


**Figura 29. Carga de giro retrovisor 1**  
Fuente: Autores

La carga de giro en el R1 genera el valor máximo a una velocidad de 40 km/h que es de  $8,01E-03$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $6,45E-03$ .

### c. Carga de frenado

Como se observa en la fig. 30 la carga de frenado genera una máxima deformación unitaria en el lado de al frente del espejo retrovisor auxiliar es decir en el lado opuesto de donde se sujetan las platinas del retrovisor auxiliar con el principal, a causa del movimiento creado por la fuerza de atrás hacia adelante y la presión que se genera entre las platinas y el plástico del espejo retrovisor auxiliar.



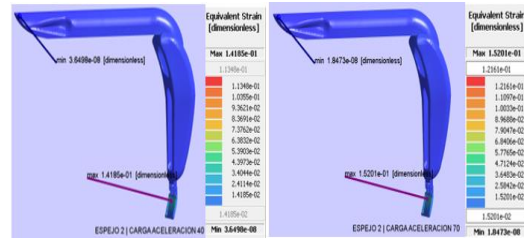
**Figura 30. Carga de frenado retrovisor 1**  
Fuente: Autores

El R1 presenta en la carga de frenado a una velocidad de 40 km/h un valor máximo que es de  $1,79E-01$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,91E-01$ .

### d. Carga de aceleración

La fig. 31 representa la deformación unitaria en el caso de carga de aceleración donde el valor máximo de deformación está en la zona opuesta a los pernos de la sujeción de las platinas del espejo retrovisor auxiliar, siendo la misma zona en los casos de carga

aerodinámica y de frenado dado al movimiento ocasionado por las fuerzas.



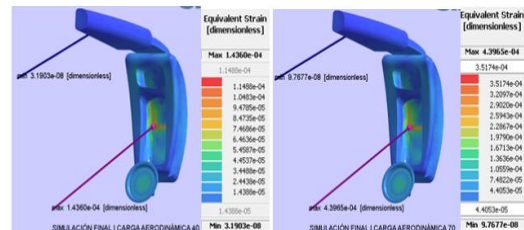
**Figura 31. Carga de aceleración retrovisor 1**  
Fuente: Autores

El valor máximo de la carga de aceleración en el R1 a una velocidad de 40 km/h es de  $1,41E-01$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,52E-01$ .

## 4.7.2. Resultados individuales retrovisor 2

### a. Carga aerodinámica

Para la carga aerodinámica el valor máximo de deformación se ubica en la parte interna del cuerpo del retrovisor principal al otro lado de la unión de la parte final del brazo y el retrovisor, como se observa en la fig. 32.

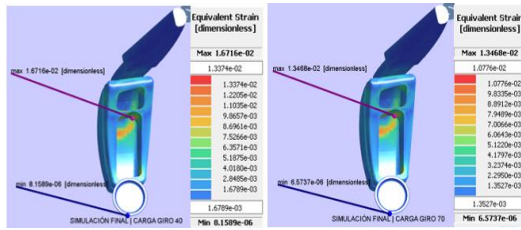


**Figura 32. Carga aerodinámica retrovisor 2**  
Fuente: Autores

La carga aerodinámica en el R2 genera el valor máximo a una velocidad de 40 km/h y es de  $1,43E-04$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $4,39E-04$ .

### b. Carga de giro

La fig. 33 indica la deformación unitaria máxima en el caso de carga de giro, en la imagen se aprecia que las tonalidades más rojizas se encuentran en la parte de la separación del espejo superior con el espejo medio del retrovisor principal, ya que es una de las zonas más delgadas de toda la estructura.

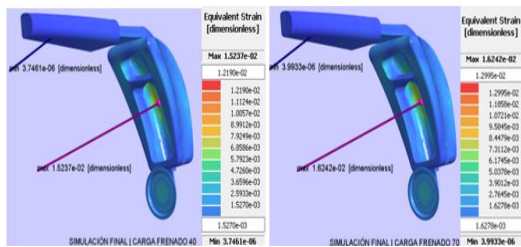


**Figura 33. Carga de giro retrovisor 2**  
Fuente: Autores

A una velocidad de 40 km/h el R2 indica el valor máximo de la carga de giro que es de  $1,67E-02$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,34E-02$ .

### c. Carga de frenado

En el caso de carga de frenado la mayor deformación que presenta la estructura está en el interior del cuerpo del retrovisor principal justo donde se une la parte final del brazo y el retrovisor por la parte externa, ya que se tiene la fuerza producida por el frenado que va de atrás hacia delante y la fuerza de la parte final del brazo que trata de mantener a la estructura en su posición. Tal como indica la fig. 34.

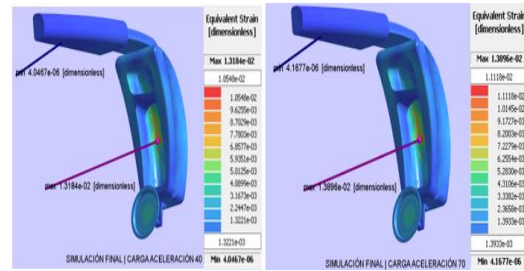


**Figura 34. Carga de frenado retrovisor 2**  
Fuente: Autores

El R2 muestra en la carga de frenado a una velocidad de 40 km/h el valor máximo que es de  $1,52E-02$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,62E-02$ .

### d. Carga de aceleración

Se observa en la fig. 35 que la zona de mayor deformación se encuentra en la misma zona que en el caso de la carga de frenado en vista de la ubicación de la unión de la parte final del brazo con la parte externa del retrovisor, únicamente que la fuerza tiene una dirección opuesta.



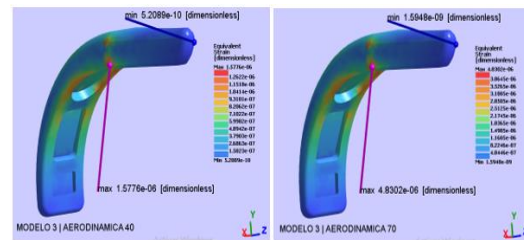
**Figura 35. Carga de aceleración retrovisor 2**  
Fuente: Autores

El valor máximo en el R2 en la carga de aceleración a una velocidad de 40 km/h es de  $1,31E-02$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,38E-02$ .

## 4.7.3. Resultados individuales retrovisor 3

### a. Carga aerodinámica

En el caso de carga aerodinámica para el P3 como se observa en la fig. 36 la deformación máxima en toda su estructura está en las zonas de color rojo que se encuentran en la parte inferior de donde termina el anclaje del brazo de la sujeción del bus y empieza la curva por el movimiento que ejerce la fuerza.

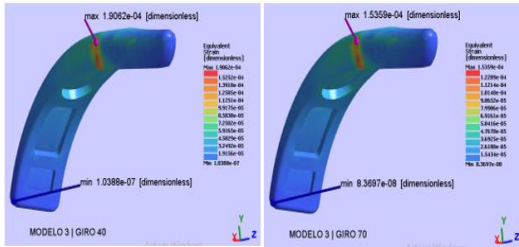


**Figura 36. Carga aerodinámica retrovisor 3**  
Fuente: Autores

A una velocidad de 40 km/h el P3 genera como valor máximo de la carga de aceleración  $1,57E-06$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $4,83E-06$ .

### b. Carga de giro

En las cargas de giro el valor de la máxima deformación se encuentra en la parte superior de la zona de transición del anclaje del brazo hacia donde empieza la curvatura del cuerpo del espejo retrovisor en su lado izquierdo, como indica la fig.37.

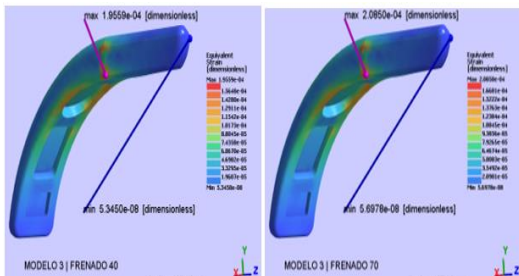


**Figura 37. Carga de giro retrovisor 3**  
Fuente: Autores

La carga de giro a una velocidad de 40 km/h el P3 muestra el valor máximo de  $1,90E-04$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,53E-04$ .

### c. Carga de frenado

La fig. 38 representa la mayor deformación cuando se presenta una fuerza de frenado, en la parte inferior donde empieza la curvatura del cuerpo del espejo retrovisor y el anclaje del brazo al bus.

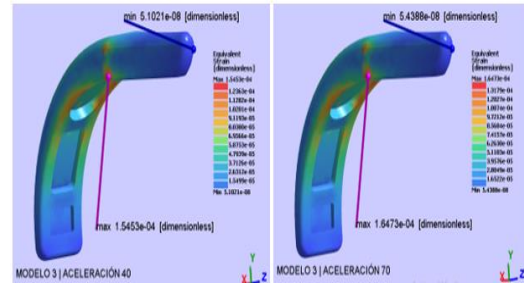


**Figura 38. Carga de frenado retrovisor 3**  
Fuente: Autores

El P3 genera un valor máximo en la carga de frenado a una velocidad de 40 km/h y es de  $1,95E-04$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $2,08E-04$ .

### d. Carga de aceleración

En el caso de la carga de aceleración la mayor deformación también se encuentra en la misma zona que la de los otros casos de carga ya que la parte del brazo con el anclaje es de  $90^\circ$  y al pasar a la curvatura tiene un cambio de geometría siendo esta la parte más crítica del diseño tal como se indica en la fig.39.



**Figura 39. Carga de aceleración retrovisor 3**  
Fuente: Autores

En la carga de aceleración en el P3 se entrega a una velocidad de 40 km/h el valor máximo que es de  $1,54E-04$  y a una velocidad de 70 km/h la carga máxima es de  $1,64E-04$ .

## 4.8. Comparación Von Mises, desplazamiento y deformación unitaria de los tres modelos analizados

### 4.8.1. Comparativa Von Mises espejos retrovisores

Se determinó que el R1 en los casos de carga aerodinámica, frenado y aceleración de 40 km/h y 70 km/h obtuvieron los valores máximos de tensión de Von Mises dado que a esta estructura se le añadió un espejo retrovisor auxiliar el cual no tuvo un previo estudio de diseño. En las tres pruebas el espejo auxiliar sufre un desplazamiento de adelante hacia atrás y viceversa. En el caso de la carga de giro el valor máximo viene dado por el R2 dado que esta fuerza empuja la estructura hacia su lado interno, afectando la unión del brazo y la carcasa del espejo retrovisor.

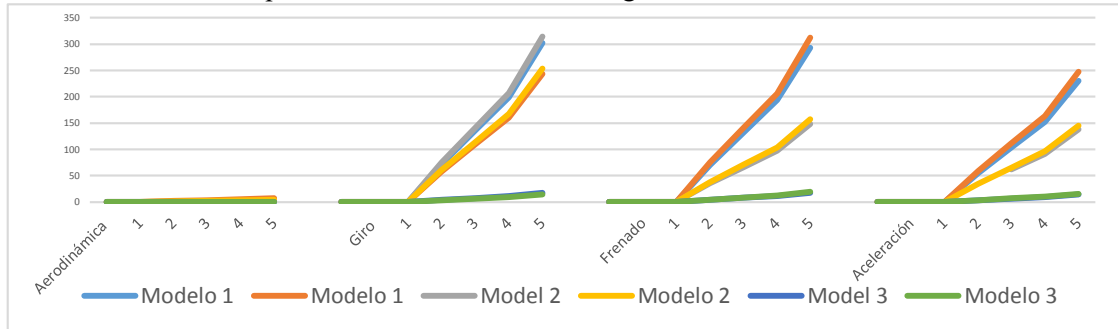
**Tabla 12. Von Mises R1, R2 y P3**

		Valores máximos Von Mises	
		40 km/h	70 km/h
R1	Aer.	2,3531E+00	7,2145E+00
	Gir.	3,0187E+02	2,4322E+02
	Fren.	2,9295E+02	3,1228E+02
	Acel.	2,3049E+02	2,4700E+02
R2	Aer.	1,5034E+00	4,6029E+00
	Gir.	3,1401E+02	2,5300E+02
	Fren.	1,4761E+02	1,5736E+02
	Acel.	1,3832E+02	1,4530E+02
P3	Aer.	1,4378E-01	4,4020E-01
	Gir.	1,7372E+01	1,3997E+01
	Fren.	1,7825E+01	1,9001E+01
	Acel.	1,4083E+01	1,5012E+01

Fuente: Autores

En la tabla 12 se observa los valores máximos de tensión de cada uno de los retrovisores en su respectiva simulación de los casos de carga y se encuentran señalados los valores máximos que se obtuvo en todas

las pruebas comparando los tres espejos retrovisores. En todos los casos analizados el modelo 3 alcanzo los valores más bajos como se puede observar en la siguiente gráfica.



**Figura 40. Curvas Von Mises R1, R2 y P3**  
Fuente: Autores

Las primeras curvas representan a la carga aerodinámica, al ser esta fuerza casi imperceptible, el crecimiento de las curvas se mantiene cerca de la línea del eje X, el segundo grupo de curvas pertenece a la carga de giro teniendo el valor máximo obtenido en todas la pruebas por el R2 a 40 km/h sobrepasando los 300(MPa), el tercer grupo de curvas corresponde a la carga de frenado que tiene el segundo valor más alto obtenido en las pruebas con el R1 a 70 km/h y las últimas curvas proporcionan los valores de la carga de aceleración. Como se aprecia en la gráfica las curvas celeste y verde que pertenecen al P3 no sobrepasan los 20 (MPa) siendo valores visiblemente más bajos a comparación del R1 y R2 demostrando que el diseño del P3 es más eficiente y aerodinámico en su estructura. Se obtuvo un promedio de los valores máximos del R1 y R2 en los casos de cargas más críticos y el porcentaje de eficiencia del P3 es del 93% considerando que en el P3 la estructura es un solo cuerpo y la mayor concentración de tensión del R1 y R2 se encuentra en los espejos auxiliares.

#### 4.8.2. Comparativa del desplazamiento entre los espejos retrovisores analizados.

La tabla.13 indica los valores de máximo desplazamiento en todos los casos de carga de los espejos retrovisores y de color rojo se encuentran los valores máximos alcanzados por cada prueba. A una velocidad de 70km/h el R1 en los casos de carga aerodinámica, frenado, y aceleración alcanza los valores máximos de desplazamiento en la zona inferior del espejo retrovisor auxiliar. A 40km/h el R2 logra el mayor desplazamiento en la carga de giro de igual manera en la parte inferior de su espejo auxiliar. El P3 es el modelo con los valores de desplazamiento en todas las pruebas de simulación.

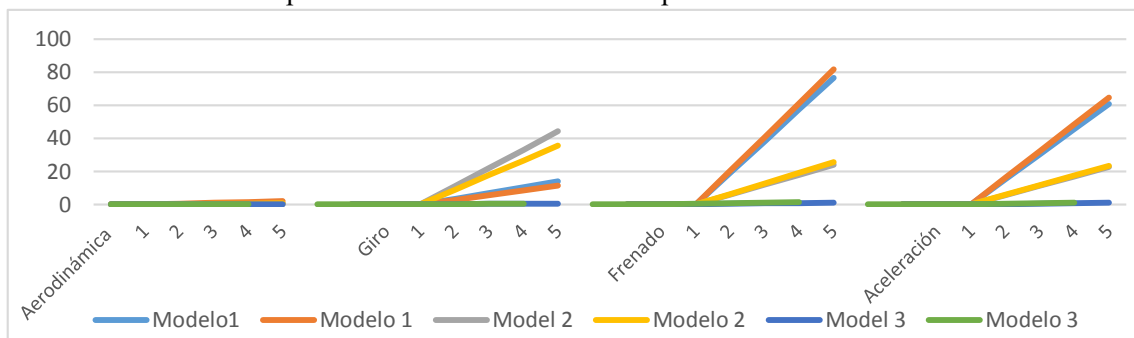
**Tabla 13.Desplazamiento R1, R2 y P3**

		Valores máximos desplazamiento(mm)	
		40 km/h	70 km/h
R1	Aer.	6,1523E-01	1,9049E+00
	Gir.	1,4006E+01	1,1285E+01
	Fren.	7,6616E+01	8,1672E+01
	Acel.	6,0881E+01	6,4577E+01
R2	Aer.	2,4300E-01	7,4398E-01
	Gir.	4,4200E+01	3,5612E+01
	Fren.	2,3905E+0	2,5482E+01
	Acel.	2,2676E+01	2,3433E+01
P3	Aer.	1,0644E-02	3,2588E-02
	Gir.	5,6034E-01	4,5147E-01
	Fren.	1,2159E+00	1,2961E+00
	Acel.	1,0426E+00	1,1114E+00

Fuente: Autores

En la fig.41 se encuentran las curvas de desplazamiento donde se comparó los tres espejos retrovisores. Las primeras curvas representan a la carga aerodinámica siendo las curvas más bajas a comparación de los otros casos de carga. El segundo grupo de curvas se refieren a la carga de giro, siendo las más bajas después de las cargas aerodinámicas. El tercer grupo de curvas pertenece a la carga de frenado el cual posee los valores máximos de desplazamiento alcanzado en todas las pruebas con el R1 a

una velocidad de 70km/h y 40km/h. El cuarto grupo de curvas corresponden a la carga de aceleración, este es el segundo grupo de curvas con los valores más altos después de los de la carga de frenado. Como se aprecia en la gráfica las curvas celeste y verde que pertenecen al P3 no sobrepasan los 20 (MPa) siendo valores visiblemente más bajos a comparación del R1 y R2 demostrando que el diseño del P3 es más eficiente en su estructura frente a desplazamientos a causa de fuerzas externas.



**Figura 41. Curvas de desplazamiento R1, R2 y P3**  
Fuente: Autores

El P3 que viene representado por las curvas de color azul y verde son las curvas más bajas en todos los casos de carga su valor más alto no sobrepasa los 1,3 (mm) de desplazamiento. La diferencia del valor máximo con el P3 en el caso de carga aerodinámica a 40 km/h es de  $6,0459E-01$  (mm) y de 70 km/h de  $1,8723E+00$  (mm). En el caso de carga de giro a 40 km/h es de  $4,3640E+01$ (mm) y a 70 km/h de  $3,5161E+01$ (mm). En el caso de carga de frenado a 40 km/h es de  $7,5400E+01$ (mm) y a 70 km/h de  $8,0376E+01$  (mm). En el último caso de carga de aceleración a 40 km/h es de  $5,9838E+01$ (mm) y a 70 km/h de  $6,3466E+01$  (mm).

color rojo se encuentran los valores más altos alcanzados en cada caso de carga. Así como en las pruebas Von Mises y de Desplazamiento el R1 obtuvo una mayor deformación en la carga aerodinámica, de frenado y aceleración en comparación con el R2 y P3. El valor de deformación en la carga de frenado a 70km/h es el valor más alto de la tabla. Y el R2 posee la mayor deformación en la carga de giro entres los tres espejos retrovisores.

#### 4.8.3. Comparativa deformación unitaria espejos retrovisores

La tabla. 14 contempla los valores máximos de deformación de los espejos retrovisores en todas sus pruebas de simulación, y de

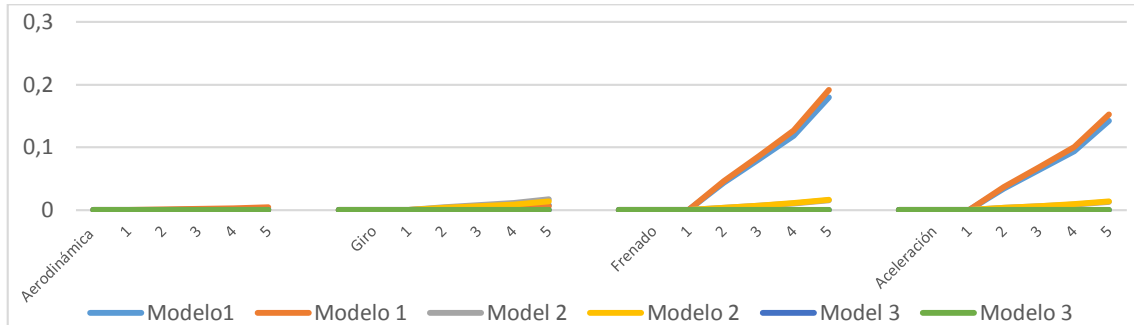
**Tabla 14. Deformación unitaria R1, R2 y P3**

		Valores máximos Deformación unitaria	
		40 km/h	70 km/h
R1	Aer.	1,4482E-03	4,4401E-03
	Gir.	8,0166E-03	6,4591E-03
	Fren.	1,7993E-01	1,9180E-01
	Acel.	1,4185E-01	1,5201E-01
R2	Aer.	1,4360E-04	4,3965E-04
	Gir.	1,6716E-02	1,3468E-02
	Fren.	1,5237E-02	1,6242E-02
	Acel.	1,3184E-02	1,3896E-02
P3	Aer.	1,5766E-06	4,8302E-06
	Gir.	1,9062E-04	1,5359E-04
	Fren.	1,9599E-04	2,0850E-04
	Acel.	1,5453E-04	1,6473E-04

Fuente: Autores

La siguiente fig.42 indica las curvas de deformación unitaria en cada caso de carga en los tres modelos de espejos retrovisores analizados. El primer y segundo grupo de curvas correspondientes a la carga

aerodinámica y carga de giro son las más bajas, y el tercer y cuarto grupo de curvas contienen los valores máximos de deformación obtenidos y corresponden a las cargas de frenado y aceleración.



**Figura 42. Curva de deformación unitaria R1, R2 y P3**  
Fuente: Autores

La curva azul y verde perteneciente al P3 indica el crecimiento de las curvas que se mantienen muy cerca del eje X, y su valor máximo no sobrepasa de  $3,00E-04$ , este modelo tiene los valores más bajos de deformación unitaria. La diferencia del valor máximo con el P3 en el caso de carga aerodinámica a 40 km/h es de  $1,4466E-03$  y de 70 km/h de  $4,4353E-03$ . En el caso de carga de giro a 40 km/h es de  $7,8260E-03$  y a 70 km/h de  $6,3055E-03$ . En el caso de carga de frenado a 40 km/h es de  $1,7973E-01$  y a 70 km/h de  $1,9159E-01$ . En el último caso de carga de aceleración a 40 km/h es de  $1,4170E-01$  y a 70 km/h de  $1,5185E-01$ .

#### 4.8.4. Límite de fluencia y resistencia a la tracción

La tabla 15 indica los valores máximos de cada modelo en las pruebas y los valores del límite de fluencia y de resistencia a la tracción de cada material empleado, cabe recalcar que Simsolid proporciona una amplia lista de materiales para aplicar a los diseños y determinar el material que dará mejores resultados. En el R1 en los casos de carga aerodinámica, frenado y aceleración la zona más afectada fue en las platinas de aluminio que sujetan al espejo auxiliar, por esta razón los valores del límite de fluencia y resistencia a la tracción corresponden al

aluminio, en el caso de carga de giro la zona más crítica se encuentra en la parte media del brazo a la que se colocó como material la fibra de vidrio y los valores de límite de fluencia y resistencia a la tracción corresponden a este. El R2 en los cuatro casos de carga analizados la zona más crítica se encuentra en la parte final del brazo que une al cuerpo del retrovisor, el brazo es de aluminio y los valores colocados corresponden a este valor. El P3 está diseñado como un solo cuerpo, y el material que se introdujo en el software fue la fibra de vidrio, de esta manera los valores del límite de fluencia y de resistencia a la tracción de este material son los que se toman en cuenta en los valores más altos de tensión.

**Tabla 15. Límite de Fluencia y Resistencia a la Tracción para cada espejo retrovisor**

		40 km/h	70 km/h	Lim. Fluen.	Resis. Trac.
R1	Aer.	2,35+0	7.21+0	3,24+2	4,69+2
	Gir.	3,01+2	2.43+2	3,20+3	2,50+3
	Fren.	2.92+2	3.12+2	3,24+2	4,69+2
	Acel.	2.30+2	2.47+2	3,24+2	4,69+2
R2	Aer.	1.50+0	4.60+0	3,24+2	4,69+2
	Gir.	3.14+2	2.53+2	3,24+2	4,69+2
	Fren.	1.47+2	1.57+2	3,24+2	4,69+2
	Acel.	1.38+2	1.45+2	3,24+2	4,69+2
P3	Aer.	1.43-1	4.40-1	3,20+3	2,50+3
	Gir.	1.73+1	1.39+1	3,20+3	2,50+3
	Fren.	1.78+1	1.90+1	3,20+3	2,50+3
	Acel.	1.40+1	1.50+1	3,20+3	2,50+3

Fuente: Autores



Se determinó que ninguno de los 3 modelos sobrepasa el límite de fluencia ni la resistencia a la tracción en todas las simulaciones de los casos de carga, es decir que ninguna estructura tendrá una deformación permanente ni llegara al punto de rotura, a pesar de ello los valores máximos del P3 son sumamente más bajos que del R1 y R2. Tomando en consideración que aun con el valor máximo de tensión Von Mises en el caso de carga de frenado a 70 km/h del P3 tenemos un rango de  $3,18E+03$  (MPa) para que la estructura sobrepase el límite elástico y  $2,48E+03$  (MPa) para que la estructura se rompa en su zona más crítica.

## 5. CONCLUSIONES

El uso de los espejos retrovisores se ha visto implicado desfavorablemente por varios factores físicos, por lo cual mediante las encuestas realizadas a conductores profesionales se determinó que el 76,6 % mencionan que a mediano plazo los espejos retrovisores pierden efectividad en la sujeción. Actualmente existen simulaciones de ingeniería asistida computadora que facilitan el rediseño de los elementos tales, como espejos retrovisores permitiendo sustancialmente el diseño con la ventaja de realizar previas aplicaciones de carga con distintos tipos de materiales antes de la fabricación. Se logró determinar que el espejo retrovisor propuesto en la presente investigación es más eficiente en cuanto a las cargas aplicadas, y genera resultados en los valores máximos más bajos a comparación de los dos espejos retrovisores ya existentes en el mercado Nacional.

El R1 a las velocidades de 40 km/h y 70 km/h obtuvo los valores máximos de tensión de Von Mises en los casos de carga aerodinámica con  $2,3531E+00$  MPa y  $7.2145e+00$  MPa, en la carga frenado con  $2.9295e+02$ MPa y  $3.1228e+02$ MPa y en la carga de aceleración con  $2.3049e+02$ MPa y  $2.4700e+02$ MPa correspondiente a las

velocidades, ya que a este modelo se le añadió un espejo retrovisor auxiliar el cual sufre el mayor desplazamiento. El R2 obtuvo el valor máximo de tensión en el caso de la carga de giro en ambas velocidades con  $3.1401e+02$ MPa y  $2.5300e+02$  MPa dado que esta fuerza empuja la estructura hacia el lado izquierdo afectando la unión del brazo y la carcasa del espejo retrovisor, este fue el valor máximo obtenido en todas las pruebas a 40 km/h sobrepasando los 300(MPa. En las simulaciones realizadas los valores máximos de tensión Von Mises del P3 no sobrepasan los 20 (MPa) siendo claramente los valores los más bajos de los tres diseños en todas las pruebas, se demostró que el espejo retrovisor propuesto en la presente investigación es 93% más eficiente que el R1 y R2 realizando un promedio en los cuatros casos de carga aplicadas.

Los tres espejos retrovisores analizados mediante el programa de simulación en los diferentes casos de cargas se evidencio que no sobrepasan el límite de fluencia y resistencia a la tracción, por lo que ningún espejo retrovisor analizado no presento una deformación permanente para llegar a la rotura de la estructura. Tomando en consideración que aun con el valor máximo de tensión Von Mises en el caso de carga de frenado a 70 km/h del P3 tenemos un rango de  $3,18E+03$  (MPa) para que la estructura sobrepase el límite elástico y  $2,48E+03$  (MPa) para que la estructura se rompa en su zona más crítica.

## 6. REFERENCIAS

[Instituto Ecuatiano de Normalización, 1«Vehículos automotores dispositivos para ]mantener o mejorar la visibilidad, requisitos,» 2015. [En línea]. Available: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1155.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1155.pdf). [Último acceso: 02 Junio 2021].

- [ C. P. Agustín, «Para ver y ser visto,» 2 *Segural Vial*, p. 37, 1992. ]
- [ O. R. Joselyn Simbaña, Interviewee, 3 *Encuesta a conductores profesionales de vehículos M3 categoría II*. [Entrevista]. 02 06 2021.
- [ Norma Técnica Ecuatoriana, «INEN 42656,» 09 2016. [En línea]. Available: ] [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2656-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf). [Último acceso: 06 Junio 2021].
- [ M. Moreta, «Revista lideres,» 02 Agosto 5 2015. [En línea]. Available: ] <https://www.revistalideres.ec/lideres/empresas-carroceras-buses-certificacion-agencia.html>. [Último acceso: 06 Junio 2021].
- [ R. B. F. A. Mario Altamirano, 6 «Biocontabilidad y la cadena de valor global de las industrias manufactureras de carrocerías de autobuses de la provincia de Tungurahua (Ecuador),» *Espacios*, nº 3, p. 8, 2020.
- [ J. Osorio, «Alianza ecuatoriano-china 7 fabricará 1.200 buses,» *El Telégrafo*, ] 2016.
- [ E. B. B. Vladimir, «Estudio del 8 comportamiento de un corrector de camber y caster usando elementos finitos para su alineación en un vehículo con suspensión tipo MCPHERSON,» 13 Febrero 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10222/2/04%20MAUT%20108%20TRABAJO%20GRADO.pdf>. [Último acceso: 15 Junio 2021].
- [ E. P. Iván Espinoza, «Determinación de 9 factibilidad técnica y económica para la producción nacional de utillaje especial automotriz,» 2020. [En línea]. [Último acceso: 16 Junio 2021].
- [ E. Novay, «Optimización en el proceso de 1 fabricación por impresión 3d de la manija (del elevador de vidrios,» 2020. [En línea]. ] Available: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4074/1/Ember%20Geovanny%20Zumba%20Novay.pdf>. [Último acceso: 16 Junio 2021].
- [ R. R. P. David Velazquillo, «Diseño 1 conceptual de un banco de pruebas para 1 validación de carrocerías,» 2013. [En ] línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5867/DISE%c3%91O%20Y%20CONSTRUCI%c3%93N%20DE%20UN%20BANCO%20DE%20PRUEBAS%20PARA%20VALIDACION%20DE%20CARROCIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 16 Junio 2021].
- [ D. G. Edison Arízaga, «Análisis de los 1 sistemas faltantes de seguridad vehicular 2 de la categoría M1 en la norma NTE INEN ] 034:2019 y una propuesta de mejora,» Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8932/1/UPS-CT005181.pdf>. [Último acceso: 18 Junio 2021].
- [ Anónimo, «Seguridad Vial,» [En línea]. 1 Available: 3 [http://drtesanmartin.gob.pe/documentos/manual\\_conductor/Cap15\\_Seguridad\\_ene\\_1\\_Vehiculo.pdf](http://drtesanmartin.gob.pe/documentos/manual_conductor/Cap15_Seguridad_ene_1_Vehiculo.pdf). [Último acceso: 20 Junio 2021].
- [ Mecánico Automotriz.Org, «Manual de 1 sistemas activa y pasiva mecánico y 4 electrónicos,» 2016, p. 22. ]
- [ M. Soba, «Diseño del mecanismo de un 1 retrovisor del automóvil con Autodesk 5 Inventor Professional,» Julio 2016. [En ] línea]. Available: <file:///C:/Users/User/Downloads/TFG-I-462.pdf>. [Último acceso: 24 Junio 2021].
- [ D. G. d. Tránsito, «Normas y señales 1 reguladoras de circulación,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.dgt.es/Galerias/seguridad->

6 vial/formacion-vial/cursos-para-  
] profesores-y-directores-de-  
autoescuelas/XIX-curso-de-  
profesores/Normas-y-senales.pdf.  
[Último acceso: 28 06 2021].

[ Normalización, Instituto Ecuatoriano de,  
1 «Vehículos automotores bus urbano  
7 requisitos INEN 2205,» 2010. [En línea].  
] Available:  
[https://ia801604.us.archive.org/26/items/  
ec.nte.2205.2010/ec.nte.2205.2010.pdf](https://ia801604.us.archive.org/26/items/ec.nte.2205.2010/ec.nte.2205.2010.pdf).  
[Último acceso: 16 Junio 2021].

[ (NHTSA), DOT's National Highway  
1 Safety Administration, «PARTS AND  
8 ACCESSORIES NECESSARY FOR  
] SAFE OPERATION,» 2015. [En línea].  
Available:  
[https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/5  
71.111](https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/571.111). [Último acceso: 27 Junio 2021].

[ Normalización, Instituto Ecuatoriano de,  
1 «INEN 1323 VEHÍCULOS  
5 AUTOMOTORES CARROCERIAS DE  
] BUSES,» Febrero 2009. [En línea].  
Available:  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon  
/normas/nte-inen-1323-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-1323-1.pdf). [Último  
acceso: 27 Junio 2021].

[ J. Cepeda, «ANÁLISIS DEL  
2 COMPORTAMIENTO MECÁNICO  
(DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL  
] AUTOBÚS FELINE PARA LA  
EMPRESA CARROCERA MIRAL  
BUSES,» 07 Abril 2006. [En línea].  
Available:  
[http://repositorio.espe.edu.ec/handle/210  
00/734](http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/734). [Último acceso: 28 Junio 2021].

[ F. Gonzáles, «ANÁLISIS Y  
2 VERIFICACIÓN DE LOS PUNTOS  
1 CRÍTICOS DE LA CARROCERIA DE  
] UN OMNIBUS,» 2018. [En línea].  
Available:  
[http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitst  
ream/123456789/456/1/Arias\\_Felix\\_Trab  
ajo\\_Suficiencia\\_2018.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/456/1/Arias_Felix_Trabajo_Suficiencia_2018.pdf). [Último  
acceso: 30 Junio 2021].

[ N. L. R. V. Cristofer Cardenas,  
2 «Deflexiones,» *Accelerating the world's  
2 research*, p. 23, 2007.  
]

[ J. Pereiras, «Linked in,» 07 Agosto 2018.  
2 [En línea]. Available:  
3 [https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A  
\] 9-es-y-para-sirve-la-tensi%C3%B3n-de-  
von-mises-jose-manuel-pereiras. \[Último  
acceso: 5 Julio 2021\].](https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-9-es-y-para-sirve-la-tensi%C3%B3n-de-von-mises-jose-manuel-pereiras)

[ R. Morales, «Deformaciones de las  
2 estructuras,» *Universidad de mendoza*, p.  
414, 2013.  
]

[ J. R. Jorge Pérez, «Simulación  
2 computacional de esfuerzo- deformación  
5 y transferencia de calor de un secador  
] cilindrico rotativo de la industria  
papelera,» 2017. [En línea]. Available:  
[https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/12345  
6789/14661/1/UPS-CT007198.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14661/1/UPS-CT007198.pdf).  
[Último acceso: 29 06 2021].

[ S. d. Movilidad, «Quito. com,» [En línea].  
2 Available:  
6 [https://secretariademovilidad.quito.gob.e  
\] c/index.php/intracantonal-urbano.  
\[Último acceso: 15 08 2021\].](https://secretariademovilidad.quito.gob.ec/index.php/intracantonal-urbano)

[ S. Vial, «SES.com,» 15 06 2018. [En  
2 línea]. Available:  
7 [https://www.ses.com.ec/2018/06/15/clave  
\] -seguridad-vial-educacion-nocturna-2-2-  
2-2/. \[Último acceso: 11 07 2021\].](https://www.ses.com.ec/2018/06/15/clave-2-2-2-2-2/)

[ L. R. Osvaldo Rojas, «Diseño asitido por  
2 computadora,» *Industrial Data*, p. 10,  
8 2006.  
]

[ Indielec. [En línea]. Available:  
2 [https://www.indielec.com/introduccion-  
5 inspire-cms-4-50-540/](https://www.indielec.com/introduccion-inspire-cms-4-50-540/). [Último acceso:  
] 29 06 2021].

[ A. s. d. innovation, «Simsolid.com,»  
3 2018. [En línea]. Available:  
6 <https://www.simsolid.com/>. [Último  
] acceso: 06 07 2021].

[ CYMACO, «CYMACO,» 21 05 2021.  
3[En línea]. Available:  
1<https://www.cymaco.com.uy/blog/cual->  
] [es-el-lado-derecho-y-el-izquierdo-de-un-vehiculo-27](https://www.cymaco.com.uy/blog/cual-es-el-lado-derecho-y-el-izquierdo-de-un-vehiculo-27). [Último acceso: 14 03 2022].

[ W. Benalcázar, «El Comercio.com,» 17  
320 2017. [En línea]. Available:  
2[https://www.elcomercio.com/actualidad/q](https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/transportistas-buses-control-exceso-velocidad.html)  
] [uito/transportistas-buses-control-exceso-velocidad.html](https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/transportistas-buses-control-exceso-velocidad.html). [Último acceso: 04 02 2022].

[ M. d. Fomento, «Instrucción de carreteras  
3Norma 3.1-IC,» de *Trazado*, Madrid,  
32016, pp. 1-231.  
]

[ F. A. Santiago Pezzotti, «Academia edu,»  
32008. [En línea]. Available:  
4[https://www.academia.edu/18717035/Int](https://www.academia.edu/18717035/Introduccion_a_la_Teoria_de_Elementos_Finitos_por_universidad_del_plata)  
] [roduccion\\_a\\_la\\_Teoria\\_de\\_Elementos\\_Finitos\\_por\\_universidad\\_del\\_plata](https://www.academia.edu/18717035/Introduccion_a_la_Teoria_de_Elementos_Finitos_por_universidad_del_plata). [Último acceso: 29 06 2021].

[ A. Noticias, «La calidad del servicio de la  
3Compañía Guadalajara, de Quito, será  
5monitoreada,» 12 04 2021. [En línea].  
] Available:  
<https://www.americanoticias.org/2021/04/13/la-calidad-del-servicio-de-la-compania-guadalajara-de-quito-sera-monitoreada/>. [Último acceso: 05 07 2021].

## 7. Anexos

### 7.1. Anexo 1: Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Vehículos automotores dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad, requisitos,» 2015.

NITE INEN 1155

#### 4.2.6 Retrovisores exteriores

- Número de retrovisores exteriores
- Mínimo dos espejos retrovisores colocados convenientemente, uno a la izquierda y otro a la derecha.
- Retrovisor interior que incluya la opción día/noche para evitar deslumbramientos desde la parte posterior en el caso de vehículos livianos
- Número de retrovisores interiores
- Un espejo retrovisor colocado convenientemente al lado derecho del conductor.

#### 4.2.7 Desempañador (antivaho) y limpiaparabrisas (delantero y posterior)

- Todo vehículo automotor debe tener incorporado un sistema limpia y lava parabrisas y un sistema desempañador frontales.
- De acuerdo al diseño original del vehículo dispondrá o no de limpia y lava parabrisas y un sistema desempañador posteriores.

#### 4.2.8 Luz antiniebla delantera y posterior. (Opcional)

La luz antiniebla debe cumplir con lo siguiente:

- Número de luces antiniebla. Máximo dos delanteras y una o dos posteriores.
- Ubicación de las luces delanteras antiniebla
- En anchura. El punto de la superficie aparente en la dirección del eje de referencia más alejado del plano longitudinal medio del vehículo no deberá hallarse a más de 400 mm del extremo de la anchura máxima del vehículo.
- En altura. A no menos de 250 mm por encima del suelo; y no más alto de los faros delanteros del vehículo.
- En longitud. En la parte delantera del vehículo se considerará que se ha cumplido este requisito si la luz emitida no molesta al conductor ni directa ni indirectamente a través de los retrovisores o de otras superficies reflectantes del vehículo.
- Orientación. Estarán orientadas hacia adelante sin que deslumbren ni molesten indebidamente a los conductores que se aproximen en sentido contrario o a otros usuarios de la carretera. La intensidad luminosa y el reglaje será de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.2.1
- Ubicación de la luz antiniebla posterior
- La luz antiniebla posterior estará ubicada en el lado posterior izquierdo del vehículo, o en la parte posterior al centro si es una sola; y en los extremos del vehículo si son dos, a una altura menor o igual a 1 000 mm del suelo y mayor o igual a 250 mm del suelo, pudiendo llegar a 1 200 mm para vehículos todo terreno. Puede estar incorporada dentro del conjunto de luces de indicadores posteriores, o ser independiente.
- Color de las luces antiniebla delanteras y posteriores
- Las luces antiniebla delanteras deben ser de color blanco o amarillo selectivo.

7.3. Anexo 3: O. R. Joselyn Simbaña, Interviewee, *Encuesta a conductores profesionales de vehículos M3 categoría II*. [Entrevista]. 02 06 2021.



ENCUESTA

Responder las siguientes preguntas con una X, de haber otro tipo de respuesta escribir el por qué en el espacio seleccionado.

1. ¿Qué tipo de licencia dispone?

Tipo D \_\_\_\_\_ Tipo D1 \_\_\_\_\_

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene conduciendo vehículos de categoría M3 clase II?

3 años \_\_\_\_\_ 5 años \_\_\_\_\_ 8 años o más \_\_\_\_\_

3. ¿Qué problemas ha tenido que subsanar con los espejos retrovisores?

\_\_\_\_\_ Mala sujeción (pérdida de visibilidad por factores externos)

\_\_\_\_\_ Fracturar del material (Carcasa)

\_\_\_\_\_ Desprendimiento total o parcial del espejo

4. ¿Con que facilidad pueden encontrar repuestos para estos dispositivos?

Fácil \_\_\_\_\_ Difícil \_\_\_\_\_

5. ¿En los años de experiencia con este tipo de medios de transporte usted ha podido identificar ruidos generados por los espejos retrovisores?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si su respuesta es si describa a continuación

---

6. ¿Con que frecuencia realiza mantenimientos a estos dispositivos?

3 meses \_\_\_\_\_

6 meses \_\_\_\_\_

12 meses \_\_\_\_\_

7. ¿En el caso de sufrir un daño parcial en la carcasa del espejo retrovisor conoce usted lugares donde se pueda hacer la reparación? En el caso de ser su respuesta SI mencionar el material.

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

---

ENCUESTA

Responder las siguientes preguntas con una X, de haber otro tipo de respuesta escribir el por qué en el espacio seleccionado.

1. ¿Qué tipo de licencia dispone?

Tipo D X Tipo D1 \_\_\_\_\_

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene conduciendo vehículos de categoría M3 clase II?

3 años \_\_\_\_\_ 5 años \_\_\_\_\_ 8 años o más X ~~12~~

3. ¿Qué problemas ha tenido que subsanar con los espejos retrovisores?

X Mala sujeción (pérdida de visibilidad por factores externos) ~~11~~  
 \_\_\_\_\_ Fracturar del material (Carcasa) ~~8~~  
 \_\_\_\_\_ Desprendimiento total o parcial del espejo ~~5~~

4. ¿Con que facilidad pueden encontrar repuestos para estos dispositivos?

Fácil \_\_\_\_\_ Díficil X ~~13~~

5. ¿En los años de experiencia con este tipo de medios de transporte usted ha podido identificar ruidos generados por los espejos retrovisores?

SI X NO \_\_\_\_\_ 14

Si su respuesta es sí describa a continuación

6. ¿Con que frecuencia realiza mantenimientos a estos dispositivos?

3 meses \_\_\_\_\_ 1  
 6 meses \_\_\_\_\_ 3  
 12 meses X ~~11~~

7. ¿En el caso de sufrir un daño parcial en la carcasa del espejo retrovisor conoce usted lugares donde se pueda hacer la reparación? En el caso de ser su respuesta SI mencionar el material.

SI X NO \_\_\_\_\_ 15  
Fibra Vidrio

ENCUESTA

Responder las siguientes preguntas con una X, de haber otro tipo de respuesta escribir el por qué en el espacio seleccionado.

1. ¿Qué tipo de licencia dispone?

Tipo D X Tipo D1 \_\_\_\_\_

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene conduciendo vehículos de categoría M3 clase II?

3 años \_\_\_\_\_ 5 años \_\_\_\_\_ 8 años o más X

3. ¿Qué problemas ha tenido que subsanar con los espejos retrovisores?

\_\_\_\_\_ Mala sujeción (pérdida de visibilidad por factores externos)

\_\_\_\_\_ Fracturar del material (Carcasa)

X Desprendimiento total o parcial del espejo

4. ¿Con que facilidad pueden encontrar repuestos para estos dispositivos?

Fácil \_\_\_\_\_ Difícil \_\_\_\_\_

5. ¿En los años de experiencia con este tipo de medios de transporte usted ha podido identificar ruidos generados por los espejos retrovisores?

SI \_\_\_\_\_ NO X

Si su respuesta es sí describa a continuación:

6. ¿Con que frecuencia realiza mantenimientos a estos dispositivos?

3 meses X

6 meses \_\_\_\_\_

12 meses \_\_\_\_\_

7. ¿En el caso de sufrir un daño parcial en la carcasa del espejo retrovisor conoce usted lugares donde se pueda hacer la reparación? En el caso de ser su respuesta SI mencionar el material.

SI X NO \_\_\_\_\_

El tipo de vidrio



7.4. Anexo 4: Norma Técnica Ecuatoriana, «INEN 2656,» 09 2016.



NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 2656**  
Primera revisión  
2016-09

**CLASIFICACIÓN VEHICULAR**



VEHICLE CLASIFICATION

CÓDIGO	TIPO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN
MVN	MINIVAN		Vehículo diferente al sedan, hatchback, station wagon, limusina y SUV, desarrollado para cargar pasajeros y su equipaje en un solo compartimiento o volumen. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.9.

#### 4.2.2 Subcategoría M2

Vehículos motorizados con capacidad mayor a ocho plazas, sin contar el asiento del conductor, y cuyo PBV no supere los 5000 kg Ver Tabla 3.


TABLA 3. Vehículos de subcategoría M2



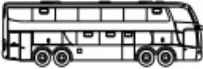




CÓDIGO	TIPO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN
FGP	VAN/ FURGONETA DE PASAJEROS		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.4.1 y 3.1.2.1.
MCB	MICROBÚS		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2.

#### 4.2.3 Subcategoría M3

Vehículos motorizados con más de ocho plazas, además del asiento del conductor, y cuyo PBV sea superior a 5000 kg Ver Tabla 4.

TABLA 4. Vehículos de categoría M3

CÓDIGO	TIPO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN
MCB	MICROBÚS		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2.

CÓDIGO	TIPO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN
MNB	MINIBÚS		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2.
BUS	BUS		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2, 3.1.2.2, 3.1.2.3 y 3.1.2.4.
BDP	BUS DE DOS PISOS, PISO Y MEDIO		Vehículo destinado al transporte de pasajeros de dos plantas con espacios internos para la circulación (corredor central), de Clase III. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2 y 3.1.2.4.
ART	ARTICULADO		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2.5.
BART	BIARTICULADO		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2.5. En este caso el vehículo cuenta con tres secciones que están unidas por dos juntas.
TRO	TROLEBÚS		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2.6.
BCO	BUS TIPO COSTA		Vehículo destinado al transporte de pasajeros y mercancías a partir de un chasis cabina adaptado en forma artesanal, de Clase III (Tabla 6). Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.2.7.

#### 4.2.4 Subclases de los vehículos en las subcategorías M2 y M3

Los vehículos de la subcategorías M2 y M3, cuya capacidad sea superior a 22 plazas, sin contar al conductor, se clasificarán de acuerdo con la Tabla 5.

**TABLA 5. Especificaciones de Clase para vehículos M2 o M3 > 22**

Clase	Características
Clase I	Vehículos diseñados y fabricados con áreas para pasajeros de pie.
Clase II	Vehículos diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros sentados y diseñados para el transporte de pasajeros de pie en el pasillo o en un área que no sobrepase el espacio previsto para dos asientos dobles.
Clase III	Vehículos diseñados y fabricados exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

Los vehículos de la subcategorías M2 y M3, cuya capacidad no exceda de 22 plazas, sin contar al conductor, se clasificarán de acuerdo con la Tabla 6.

**TABLA 6. Especificaciones de Clase para vehículos M2 o M3 < 22**

Clase	Características
Clase A	Vehículos diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros sentados y de pie.
Clase B	Vehículos diseñados y fabricados exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

#### 4.3 Categoría N


Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías. En el Anexo C se citan algunos ejemplos de uso de estos tipos de vehículos.

NOTA. A los términos "chasis cabina" se los conoce como "chasis cabinado".

##### 4.3.1 Subcategoría N1

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg, ver Tabla 7.

**TABLA 7. Vehículos de categoría N1**

CÓDIGO	TIPO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
CMT	CAMIONETA		Vehículo diseñado para el transporte de carga y mercancías. El habitáculo de pasajeros puede ser: cabina simple o cabina y media, según diseño del fabricante. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.3.

## 7.5. Anexo 5: M. Moreta, «Revista líderes,» 02 Agosto 2015.

### LÍDERES

Buscar

Las humitas lojanas van a España y Suiza


Ellos entraron al mercado premium con su cacao orgánico...

Los exportadores ecuatorianos piden acelerar los acuerdos...

Francisca Castellanos busca un impacto social y la...

Pacientes humanitarios en Hospital...

Líderes



Un grupo de trabajadores de carrocerías Patricio Cepeda labora en la construcción de un bus, en sus instalaciones ubicadas en Huachi Chico, en el sur de Ambato (en la vía a Guaranda). Foto: Glenda Giacometti / LÍDERES

Modesto Moreta (1)

Redacción Sierra Centro redaccion@revistalideres.ec

f t in 8+ e

#### RELACIONADAS

El útil escolar es su especialidad

La producción bananera creció 7,89% en este semestre

La exportación de aceite también activa el puerto

## 54 empresas carroceras ya tienen su certificación

Lecturas: 4737  
2 de agosto de 2016 16:41

54 compañías dedicadas a la fabricación de carrocerías fueron homologadas por parte de la Agencia Nacional de Tránsito. Este sector productivo del país emplea a más de 15 000 personas, en forma directa e indirecta.

El sector carrocerero ecuatoriano tiene el desafío permanente de cumplir la normativa vigente en el país. Por ello, 54 de estas empresas, dedicadas a la fabricación de buses urbanos, interprovinciales y escolares, fueron homologadas o certificadas hasta junio del 2015 para la producción de las cabinas, según los datos de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y de la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (Canfac).

Estas empresas, entre grandes, medianas y pequeñas funcionan en Chimborazo, Pichincha, Guayas, Manabí, Azuay, Santo Domingo de los Tsáchilas y Tungurahua. Emplean a 5 000 personas en forma directa y más de 10 000 indirectamente, estos últimos son autopartistas que entregan asientos, ventanas y otros accesorios indispensables para el ensamblaje de las carrocerías.

En Tungurahua, se encuentran 26 empresas que generaron más de 2 800 puestos de empleo. En esta provincia se arma el 65% de la producción total.

Para Luis Jácome, presidente de la Canfac en Tungurahua, el sector se posicionó en el mercado nacional gracias a la calidad, bajo precio, mejor tecnología, nuevos diseños y cumplimiento de los contratos. Además, porque en la provincia están instaladas las empresas más importantes.

El año pasado y los primeros seis meses del 2015, el sector carrocerero mantuvo su producción. Sin embargo, a inicios de julio se notó una leve recesión. "Es posible que los transportistas estén esperando los nuevos modelos de chasis para carrozarlos y esto mejore en los próximos meses", describe Jácome.

Las industrias homologadas cumplen con las normas de seguridad impuestas. Sin embargo, esta reglamentación se modifica cada dos años y en ocasiones se dificulta cumplir la nueva normativa. El representante gremial es partidario de que la ley se mantenga y los trámites para la revisión y la matriculación no demoren.

Jácome indica que se requieren reglas claras de los organismos de control, para agilizar y mejorar los procedimientos de homologación de los buses. Actualmente, uno de los inconvenientes es la presentación de las certificaciones para el anclaje del asiento sobre la carrocería, que no se hace en el país sino en España.

Eso costaría USD 120 000. Es un valor elevado y se debe hacer en cada modelo de bus. "Y si no se cumple con este reglamento tendremos que cerrar las puertas y no se podrá seguir produciendo. Buscamos otras normas en la región como Colombia, Perú Brasil o Chile que puedan aplicarse".

Una de las empresas homologadas es carrocerías Patricio Cepeda. Esta industria abateña se fundó en 1987. Su propietario Patricio Cepeda viene de una familia dedicada por tres generaciones a este negocio. Su padre Manuel fue quien comenzó con la producción de las carrocerías de madera.

En 1960 llegaron al país las firmas Thomas y Superior. Su hermano mayor Medardo trabajó en estas empresas. Luego instaló la industria IMCE. Allí, Patricio aprendió la rama de la metalmecánica. "Medardo fue el soporte y el puntal para despegar en el emprendimiento. Así incursioné en la fabricación de cabinas metálicas con un obrero", dice Patricio.

En la actualidad cuenta con 64 colaboradores entre técnicos, operarios y oficinistas. Fabrica entre 5 y 6 carrocerías mensuales, para diversas cooperativas de transporte del país. El año pasado facturó USD 3 millones. "La calidad del producto, el cumplimiento y la honestidad son la clave del éxito y el prestigio ganado de nuestra empresa", indica Cepeda.

Montó su industria con 7 millones de sucres, que los consiguió de un crédito en un banco. Lo gastó en la compra del terreno, el montaje del galpón, la maquinaria y las herramientas. La última inversión fue en la adquisición de un terreno de 55 000 metros cuadrados (m2), en el sector Alobamba, en el sur de Ambato. La inversión superó los USD 100 000. El objetivo es construir una nueva planta industrial para mudarse.

Otra de las empresas es Carrocerías Jácome. Arrancó hace 10 años y en la actualidad cuenta con 18 trabajadores. Su gerente Luis Jácome dice que fabrica carrocerías para 2 buses al mes y cumple las normas ISO:9001, entre otras.

7.6. Anexo 6: R. B. F. A. Mario Altamirano, «Biocontabilidad y la cadena de valor global de las industrias manufactureras de carrocerías de autobuses de la provincia de Tungurahua (Ecuador),» *Espacios*, n° 3, p. 8, 2020.

## Biocontabilidad y la cadena de valor global de las industrias manufactureras de carrocerías de autobuses de la provincia de Tungurahua (Ecuador)

### Biocontability and the global value chain of manufacturing industries of bodywork busses in the province of Tungurahua

ALTAMIRANO, Mario R. 1; BENAVIDES, Raúl M. 2 y ALTAMIRANO, Fernando J. 3

Recibido: 27/05/2019 • Aprobado: 28/02/2020 • Publicado: 12/03/2020

#### Contenido

- 1. Introducción
- 2. Metodología
- 3. Resultados
- 4. Conclusiones

#### Referencias bibliográficas

#### RESUMEN:

La cadena de valor es una herramienta estratégica para lograr ventajas competitivas; y la biocontabilidad, evalúa la gestión de la riqueza ambiental empresarial. Estas teorías pueden relacionarse para alcanzar eficiencia ambiental con el manejo responsable de los residuos. El estudio cualitativo realizado a la cadena de valor y biocontabilidad del sector carroceros se realizó con el análisis de reportes e informes del sector y organismos del país; además, con la información de directivos de empresas líderes del sector. Los resultados determinan: el manejo inadecuado de los recursos, el desconocimiento de la biocontabilidad; pero, asumen la responsabilidad de proteger el medioambiente.

**Palabras clave:** Biocontabilidad, cadena de valor, carrocerías, autobuses.

#### ABSTRACT:

The value chain is a strategic tool to achieve competitive advantages and the biocontability evaluates the management of corporate environmental wealth. These theories can be related to achieve environmental efficiency with the responsible management of waste. The qualitative study applied to the value chain and bio-accounting of the body sector was carried out with the analysis of reports and reports of the zone, agencies of the country, and information of executives of leading companies. The results are: inadequate management of resources and lack of knowledge about biocontability. However, they assume responsibility for protecting the environment.

**Keywords:** biocontability, value chain, bodywork, busses

## 1. Introducción

Las empresas que se dedican a la fabricación de autobuses utilizan diversos materiales en sus distintas fases de manufactura, emitiendo desechos, los cuales generalmente contaminan el ambiente y requieren espacios físicos en las instalaciones de las compañías para su depósito; aspectos que no son muy tomados en cuenta para la mejora de los procesos y la sostenibilidad ambiental de las empresas.

En base a esta problemática los propósitos del artículo, son: conceptualizar la biocontabilidad y la cadena de valor; identificar la estructura actual de los modelos bio-contables y la cadena de valor de las empresas de las industrias de carrocerías de autobuses de la provincia de Tungurahua; y emitir conclusiones de la aplicabilidad de la biocontabilidad en el caso de existir mejoras en los procedimientos dentro de la jerarquía de la cadena de valor de ese tipo de empresas (Revista Latinoamericana de Economía, 2018).

El análisis del aspecto de la biocontabilidad puede tener vínculo con la cadena de valor descrita por Joonko, Genef, y Barrientos (2011), en las estrategias y acciones que realizan las empresas para obtener ventajas competitivas, que incluyen entre otras: los cambios en herramientas de manejo y control de cadenas de suministros y del inventario para mejorar los niveles tecnológicos de la empresa; esto amerita la incorporación de nuevos cambios en los sistemas de producción. La cadena de valor puede estar asociada a la biocontabilidad en las empresas carroceras ubicadas en la provincia del Tungurahua, estudiando sus cambios en los procesos de producción relacionados al control ambiental. (Sturgeon, 2011)

El enfoque de investigación utilizado es cualitativo, con el cual se va a identificar la naturaleza y estructura de las actividades empresariales de las industrias manufactureras de carrocerías de autobuses expresadas por los gestores

de estas, para luego describirlas e interpretarlas rigurosamente, para establecer si existe relación de su gestión de producción (cadena de valor) con la teoría de la biocontabilidad (Martínez, 2006); el estudio además para tener objetividad integra información cuantitativa.

### 1.1. La biocontabilidad

La contabilidad ambiental para Silva da Rosa, Lunke, y Pfitscher (2012), es un sistema que entrega información influyente en las decisiones de los gerentes relacionados con el medio ambiente; y la biocontabilidad tiene como función: evaluar la gestión que una organización ejerce sobre la riqueza natural (recurso-patrimonio ambiental), que puede estar bajo su control o de otras organizaciones, y cuyas acciones y omisiones de la empresa impactan a sus recursos y los de otras organizaciones (Mejía, Mora, Montes, y Montilla, 2014).

La biocontabilidad puede tener una estrecha relación con lo determinado por Smith (1991) en su libro sobre la División del Trabajo, en el cual señala que en el trabajo se producen innovaciones permanentes, y se deben hacer los análisis de gestión desde la óptica del cambio; además, establece que las naciones industrializadas deben seguir innovando sus procesos de producción, con lo cual mejorarán su rentabilidad. Por otro lado, la naturaleza es proveedora de energía y de recursos, parte importante del desarrollo (Marx y Engels, 1979).

Estos postulados que ha unido la biocontabilidad al relacionar dos factores: rentabilidad - ambiente; son importantes para que las empresas innoven sus procesos con un enfoque ecológico; esto es lo que establecen la biocontabilidad y la cadena de valor, cuyos lineamientos tienen poco tratamiento en el sector productivo del país; razón por la cual, es relevante el tratamiento conceptual y relacional de la biocontabilidad (ciencia social que mide la riqueza ambiental de las empresas) con la innovación de procesos (cadena de valor) que desarrolla el sector empresarial, en este estudio el correspondiente al carrocerero.

### 1.2. La Cadena de Valor

La cadena de valor industrial tiene que ver con el proceso de fabricación de un bien o servicio, el cual va desde la adquisición de materias primas, la obtención del producto, su comercialización, y el posterior servicio de post venta (Morillo, 2005).

Actualmente, para formar parte de una cadena global, las empresas deben cambiar sus ideas de negocios, es decir realizar innovaciones que sean acogidas por el mercado local e internacional, además de realizar cambios evolutivos en su gestión dentro y fuera de la cadena (Sturgeon, 2011).

Marx K. (2013) en su libro el capital, menciona que los productos no deben sufrir alteración si el tiempo necesario para su producción continuará siendo el mismo; pero en la actualidad ésto concepción varía al momento de generar valor al cliente. La productividad del trabajo varía con cada modificación que se introduce en las actividades, procedimientos o en las condiciones del producto; la diversidad de recursos y tareas que se requieren en la fabricación de carrocerías para autobuses, y la innovación ambiental necesaria en sus procesos y productos, determinan la necesidad de incorporar los modelos de la biocontabilidad en este tipo de empresas, incorporando valor agregado a sus productos finales.

---

## 2. Metodología

El enfoque de investigación utilizado es cualitativo ya que, a través de la descripción exacta de los procesos para la fabricación de carrocerías de autobús, se pretende identificar la relación de la cadena de valor y la teoría de la biocontabilidad. El estudio incluye un análisis documental de situación de sector; la identificación de la naturaleza y estructura de las actividades empresariales de las industrias manufactureras de carrocerías de autobuses en la provincia de Tungurahua, expresadas por los gestores de estas; y el establecimiento de la relación de la gestión de producción (cadena de valor) con la teoría de la biocontabilidad (Martínez, 2006) . El estudio además para tener objetividad integra información cuantitativa.

Los informantes seleccionados por muestreo intencional a los cuales se les aplicó una encuesta son los directivos de dos de las empresas más representativas del sector carrocerero: VARMA S.A., y CEPEDA CIA. LTDA. A la primera empresa (VARMA S.A.), se la selecciono porque es la más antigua (fundada en 1964) y pionera en la construcción y ensamblaje de carrocerías en la provincia; y a CEPEDA CIA. LTDA, porque es una de las empresas homologadas del sector, y su gestión la han realizado tres generaciones.

El instrumento para la recopilación de información indaga algunos de los más importantes interrogantes planteados en el estudio, los cuales están relacionados con el manejo responsable del ambiente y la biocontabilidad; estos son: ¿De qué forma aporta, la empresa con el cuidado del Medio Ambiente? ¿Conocen sobre la biocontabilidad?:¿Estaría la empresa interesada en conocer y aplicar la teoría de la biocontabilidad?

---

## 3. Resultados

### 3.1. Análisis Situacional de las Empresas Carroceras en el Ecuador

Siendo la inversión extranjera uno de los más importantes "motores" de la economía de un país, se puede mencionar que el Ecuador en el periodo 2013-2017 en el sector que se canalizaron mayores recursos fue el sector de explotación de minas y canteras, seguido por el comercio e industrias manufactureras, de acuerdo al estudio efectuado por Camino, Bermúdez, y Alvarado (2018).

Para analizar el sector carrocerero, es necesario mencionar que entre las 10 provincias con mayores montos de inversión empresarial reportados durante el periodo 2013-2017, se ubica a la provincia de Tungurahua; en la cual se invirtió un total de 117,8 millones de dólares americanos, situándose en la novena posición de veinte y cuatro provincias del Ecuador (V. tabla No.1).

de estas, para luego describirlas e interpretarlas rigurosamente, para establecer si existe relación de su gestión de producción (cadena de valor) con la teoría de la biocontabilidad (Martínez, 2006); el estudio además para tener objetividad integra información cuantitativa.

### 1.1. La biocontabilidad

La contabilidad ambiental para Silva da Rosa, Lunken, y Pfitscher (2012), es un sistema que entrega información influyente en las decisiones de los gerentes relacionados con el medio ambiente; y la biocontabilidad tiene como función: evaluar la gestión que una organización ejerce sobre la riqueza natural (recurso-patrimonio ambiental), que puede estar bajo su control o de otras organizaciones, y cuyas acciones y omisiones de la empresa impactan a sus recursos y los de otras organizaciones (Mejía, Mora, Montes, y Montilla, 2014).

La biocontabilidad puede tener una estrecha relación con lo determinado por Smith (1991) en su libro sobre la División del Trabajo, en el cual señala que en el trabajo se producen innovaciones permanentes, y se deben hacer los análisis de gestión desde la óptica del cambio; además, establece que las naciones industrializadas deben seguir innovando sus procesos de producción, con lo cual mejorarán su rentabilidad. Por otro lado, la naturaleza es proveedora de energía y de recursos, parte importante del desarrollo (Marx y Engels, 1979).

Estos postulados que ha unido la biocontabilidad al relacionar dos factores: rentabilidad – ambiente; son importantes para que las empresas innoven sus procesos con un enfoque ecológico; esto es lo que establecen la biocontabilidad y la cadena de valor, cuyos lineamientos tienen poco tratamiento en el sector productivo del país; razón por la cual, es relevante el tratamiento conceptual y procesal de la biocontabilidad (ciencia social que mide la riqueza ambiental de las empresas) con la innovación de procesos (cadena de valor) que desarrolla el sector empresarial, en este estudio el correspondiente al carrocerero.

### 1.2. La Cadena de Valor

La cadena de valor industrial tiene que ver con el proceso de fabricación de un bien o servicio, el cual va desde la adquisición de materias primas, la obtención del producto, su comercialización, y el posterior servicio de post venta (Morillo, 2005).

Actualmente, para formar parte de una cadena global, las empresas deben cambiar sus ideas de negocios, es decir realizar innovaciones que sean acogidas por el mercado local e internacional, además de realizar cambios evolutivos en su gestión dentro y fuera de la cadena (Sturgeon, 2011).

Marx K. (2013) en su libro el capital, menciona que los productos no deben sufrir alteración si el tiempo necesario para su producción continuará siendo el mismo; pero en la actualidad ésto concepción varía al momento de generar valor al cliente. La productividad del trabajo varía con cada modificación que se introduce en las actividades, procedimientos o en las condiciones del producto; la diversidad de recursos y tareas que se requieren en la fabricación de carrocerías para autobuses, y la innovación ambiental necesaria en sus procesos y productos, determinan la necesidad de incorporar los modelos de la biocontabilidad en este tipo de empresas, incorporando valor agregado a sus productos finales.

---

## 2. Metodología

El enfoque de investigación utilizado es cualitativo ya que, a través de la descripción exacta de los procesos para la fabricación de carrocerías de autobús, se pretende identificar la relación de la cadena de valor y la teoría de la biocontabilidad. El estudio incluye un análisis documental de situación de sector; la identificación de la naturaleza y estructura de las actividades empresariales de las industrias manufactureras de carrocerías de autobuses en la provincia de Tungurahua, expresadas por los gestores de estas; y el establecimiento de la relación de la gestión de producción (cadena de valor) con la teoría de la biocontabilidad (Martínez, 2006) . El estudio además para tener objetividad integra información cuantitativa.

Los informantes seleccionados por muestreo intencional a los cuales se les aplicó una encuesta son los directivos de dos de las empresas más representativas del sector carrocerero: VARMA S.A., y CEPEDA CIA. LTDA. A la primera empresa (VARMA S.A.), se la selecciono porque es la más antigua (fundada en 1964) y pionera en la construcción y ensamblaje de carrocerías en la provincia; y a CEPEDA CIA. LTDA, porque es una de las empresas homologadas del sector, y su gestión la han realizado tres generaciones.

El instrumento para la recopilación de información indaga algunos de los más importantes interrogantes planteados en el estudio, los cuales están relacionados con el manejo responsable del ambiente y la biocontabilidad; estos son: ¿De qué forma aporta, la empresa con el cuidado del Medio Ambiente? ¿Conocen sobre la biocontabilidad? ¿Estaría la empresa interesada en conocer y aplicar la teoría de la biocontabilidad?

---

## 3. Resultados

### 3.1. Análisis Situacional de las Empresas Carroceras en el Ecuador

Siendo la inversión extranjera uno de los más importantes "motores" de la economía de un país, se puede mencionar que el Ecuador en el periodo 2013-2017 en el sector que se canalizaron mayores recursos fue el sector de explotación de minas y canteras, seguido por el comercio e industrias manufactureras, de acuerdo al estudio efectuado por Camino, Bermúdez, y Alvarado (2018).

Para analizar el sector carrocerero, es necesario mencionar que entre las 10 provincias con mayores montos de inversión empresarial reportados durante el periodo 2013-2017, se ubica a la provincia de Tungurahua; en la cual se invirtió un total de 117,8 millones de dólares americanos, situándose en la novena posición de veinte y cuatro provincias del Ecuador (V. tabla No.1).

En el Ecuador según datos de la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (2014) y la Asociación de empresas automotriz del Ecuador (2017), existían alrededor de 54 empresas metalmeccánicas carroceras, ubicadas geográficamente en siete provincias: Chimborazo, Pichincha, Guayas, Manabí, Azuay, Santo Domingo de los Tsáchilas y Tungurahua; las cuales proveen de autobuses carrozados para todo el país. También se abastece el mercado con importaciones de otros países como China o Brasil.

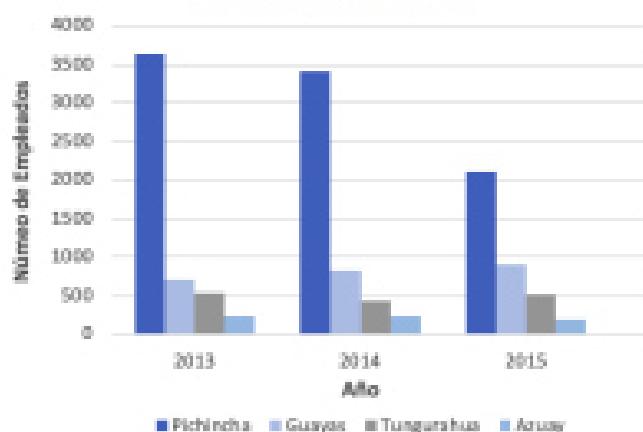
Tabla No.1  
Inversión empresarial por provincia 2013-2017

Provincia	2013	2014	2015	2016	2017	Total periodo	Promedio anual
Pichincha	563,50	1.078,90	848,20	689,20	466,80	3.624,60	724,92
Guayas	426,20	536,70	1.000,50	519,80	725,40	3.210,60	642,12
Manabí	32,80	71,00	487,70	90,80	33,20	714,70	142,94
Azuay	86,90	161,30	63,80	88,50	44,20	444,50	88,90
Chimborazo	14,50	37,60	342,80	2,90	0,90	398,70	79,74
Zamora Chinchipe	0,60	202,50	105,50	0,40	1,80	310,80	62,12
Cañar	58,00	111,30	1,90	0,20	1,80	172,10	34,42
El Oro	13,50	16,00	35,80	46,70	21,30	133,10	26,62
Tungurahua	21,20	24,60	34,80	12,80	25,10	117,70	23,54
Los Ríos	7,50	11,50	11,20	25,00	14,20	69,40	13,88
Otaco	33,70	98,60	73,90	51,10	39,80	297,30	59,46
<b>Total</b>	<b>1.260,40</b>	<b>2.348,40</b>	<b>3.014,80</b>	<b>1.585,80</b>	<b>1.374,10</b>	<b>9.583,30</b>	<b>1.916,66</b>

Fuente y Elaboración: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2017)

El sector de fabricación de carrocerías de autobuses es uno de los sectores industriales que tienen una importante contribución en la generación de fuentes de trabajo en el país. En el año 2015, las principales provincias del Ecuador en ocupar trabajadores en este sector fueron: Pichincha con un 54.81% de participación del sector, contratando a 2.109 trabajadores; Guayas aumentó su cantidad de empleados a 892, con un 23.18% de participación; Tungurahua también aumentó sus plazas de trabajo a 515 con un 13.38% de participación; y Azuay logró un 5.17% de participación en el sector con 199 trabajadores (V. gráfico 1). Como se observa en la gráfica 1, existe un descenso relevante en la ocupación laboral a nivel nacional en el periodo 2013 - 2015, en especial en la provincia de Pichincha; en el caso de la provincia de Tungurahua, existe un leve crecimiento de la oferta laboral del sector.

Gráfico 1  
Número de empleados por provincia en el sector carroceros



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2017)  
Elaboración: propia

La provincia del Tungurahua tiene alrededor de 26 empresas que generan empleo, a la producción total del país, para Luis Jácome presidente de la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (en el año 2015) el sector se ha posicionado por su calidad, bajo precio, mejor tecnología, nuevos diseños y fundamentalmente cumpliendo con los contratos; además, porque en la provincia están instaladas las más importantes empresas.

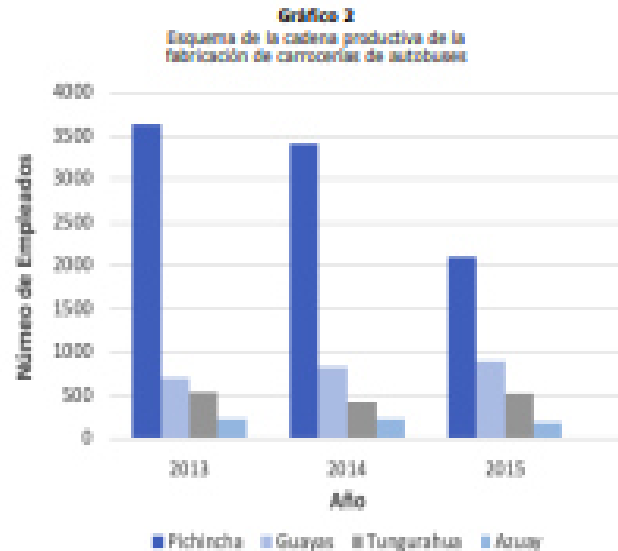
Es importante mencionar que el Gobierno Nacional del Ecuador, en su plan de reactivación económica 2013-2017 conocido como el Plan del Buen Vivir, respaldó al sector productivo del país, principalmente al sector carroceros-metalmeccánico de la provincia del Tungurahua, con la implementación de un laboratorio para determinar de calidad de la producción de las carrocerías de autobuses, en el cual se invirtió 3,5 millones de dólares, constituido por 1,4 millones de dólares aporte de la empresa privada, y 2,1 millones dólares del Gobierno Provincial de Tungurahua, de acuerdo al Ministerio de Industrias y Productividad (2017), este aporte significativo contribuye a mejorar la cadena de valor de las empresas de éste sector.



### 3.2. Identificación de la cadena de valor en el sector carrocerero

La cadena de valor en el sector carrocerero – metalmeccánico abarca diversas actividades para fabricar una carrocería de autobús; este proceso empieza con el diseño de la carrocería del autobús, luego su manufactura, la comercialización, los diversos servicios de apoyo, hasta llegar a la entrega al consumidor final.

Se ha identificado y diseñado la cadena de valor de la carrocería del autobús que va desde el pedido y compra de materiales (se incluyen acero, aluminio, plásticos textiles, vidrio, caucho, madera, entre los principales) y equipos solicitados por los departamentos técnicos, y adquiridos por la unidades de compras o adquisiciones; el cual sigue con el proceso de colocación de fibra de vidrio para obtener el chasis del autobús, la colocación de conjuntos, subconjuntos, partes y piezas (asientos, aire acondicionado, iluminación, sonido, entre los más importantes), pintura y terminados, y finalmente la comercialización y entrega del producto terminado, en un tiempo aproximado de 16 días (V. gráfico 2).



Fuente: Andrade (2016)  
Elaboración: propia

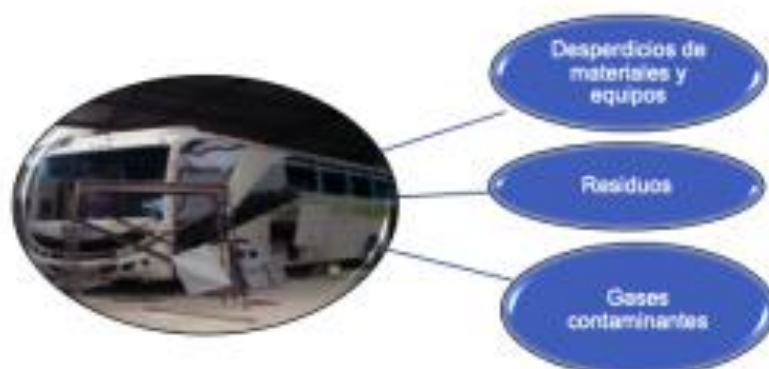
### 3.3. La Biocontabilidad en empresas fabricantes de carrocerías de autobuses

En la actualidad las empresas y los organismos de control económico, financiero y legal, se encargan del registro y monitoreo de los ingresos, egresos, costos y precios que se generan en los diversos procesos, posteriormente aplican los criterios contables, elaboran o revisan los estados financieros, y presentan o verifican periódicamente las declaraciones de impuestos; este es un ciclo repetitivo que los administradores o controladores en su mayoría lo cumplen a cabalidad, pero según Silva, Mejía, Mora, Montes, y Montilla (2014), en los reportes emitido por las empresas no consideran la valoración de la riqueza ambiental y social, que es un proceso organizacional continuo que proteja los bienes y recursos naturales de la organización.

En un diagnóstico del sector carrocerero elaborado por la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (2015), se indica que las empresas de la provincia de Tungurahua que se dedican a estas actividades no cuentan con sistemas de gestión medioambientales certificados, se menciona que alrededor del 71% no cumplen la normativa de control ambiental; información que tiene estrecha relación con la gestión biocontable y su aplicación en las empresas.

En la producción de las carrocerías de autobuses, se generan desperdicios de los diversos materiales utilizados para fabricar carrocerías de autobuses (papel, plásticos, metales, textiles, madera, entre otros); así como productos del uso de máquinas o equipos (combustibles y gases); residuos que no son cuantificados o no se les aplica algún método de valoración de la biocontabilidad (V. gráfico No. 3).

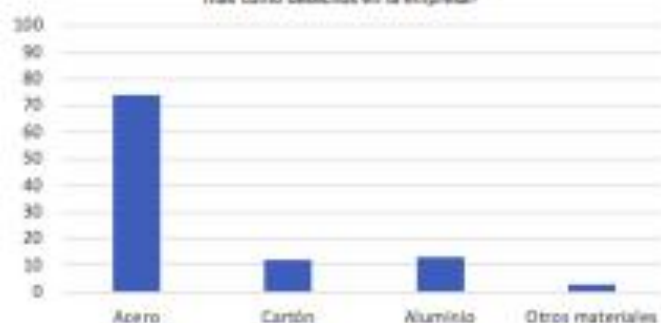
**Gráfico 3**  
Elementos que generan desperdicios



Fuente: Propia (2018)  
Elaboración: Altamirano M., Altamirano F. y Benavides R.

La entrevista aplicada a los funcionarios de las empresas VARMA S.A., y CEPEDA CIA. LTDA., determinan que los materiales más importantes que se desperdician en sus empresas al fabricar carrocerías de autobuses son: el acero, material de mayor desperdicio, el cual representa cerca de las tres cuartas partes (74%); seguido por el cartón con un 12%, el aluminio con un 13%, y otros materiales 3%. (V. gráfico No 4).

**Gráfico 4**  
¿Cuáles de los materiales se obtiene más como desechos en la empresa?

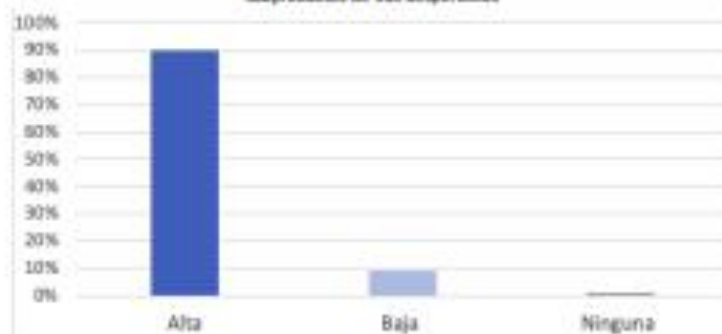


Fuente: Entrevistas funcionarios VARMA S.A., y CEPEDA CIA. LTDA (2019)  
Elaboración: Altamirano M., Altamirano F., y Benavides R.

Con base a estos resultados es necesario mencionar que estas empresas deben tomar medidas frente a la cantidad de desperdicios que producen; además, de crear productos alternos que ayuden a reducir el impacto ambiental y mejore la economía de estas fábricas. En esta línea, los organismos de control ambiental buscan regular el manejo de desperdicios de las empresas, como forma de conservar el medio ambiente; para esto es necesario tener una cultura de conservación ambiental que incluye al reciclaje con el buen manejo técnico de los materiales sobrantes, los cuales pueden ser utilizados para obtener sub- productos.

Otra consulta realizada a los empresarios tiene relación sobre la posibilidad de elaborar subproductos con el uso de los desperdicios de la manufactura de carrocerías; los resultados determinan que existe un 90% de altas posibilidades de obtener subproductos de los desperdicios con la capacidad instalada, frente a un 10% de un panorama poco probable. (V. gráfico No 5).

**Gráfico 5**  
Capacidad de la empresa para obtener subproductos de sus desperdicios



Fuente: Propia (2019)  
 Elaboración: Altamirano M., Altamirano F., y Benavides R.

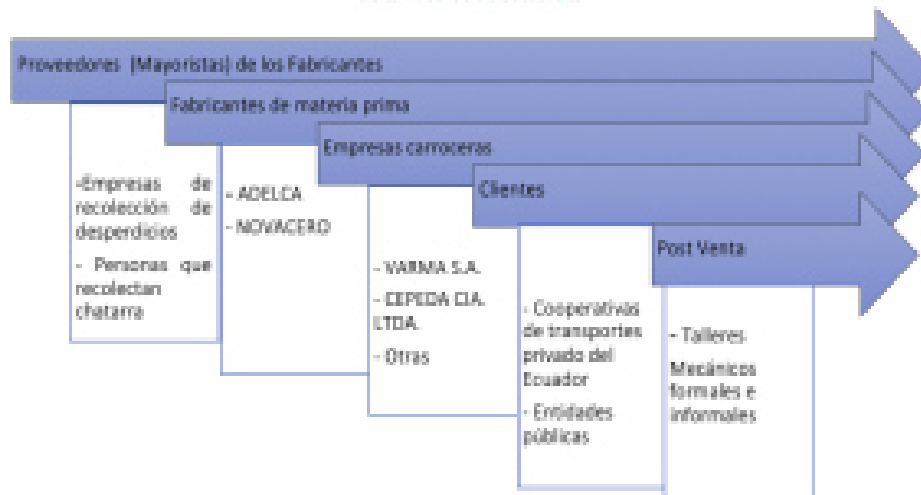
### 3.4. La cadena de valor y la biocontabilidad, su relación

El estudio identifica que los principales eslabones de la cadena de valor en el sector carrocerero son: proveedores (mayoristas), fabricantes de materia prima (acero, perfiles de aluminio), las empresas manufactureras de carrocerías, los clientes (cooperativas de transportes), y el servicio postventa. (V. gráfico No 6).

Las materias primas del sector carrocerero, en un 93% son de procedencia nacional, y en un 7% importadas, según los datos obtenidos de la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (2014).

En el eslabón proveedores de la cadena de valor y su relación con la biocontabilidad, se integran a las empresas y personas naturales que recolectan desperdicios metálicos (chatarra), quienes entregan este material para su fundición, cuyos productos finales son las planchas o perfiles metálicos, entre estas empresas se tienen a quizás las más reconocidas del país: ADELCA y NOVACERO.

**Gráfico 6**  
 Cadena de valor del sector de carrocerías de autobuses



Fuente: Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (2014)  
 Elaboración: Altamirano M., Altamirano F., y Benavides R.

Para analizar el eslabón de la cadena de valor: empresas manufactureras de carrocerías, se establece que estas, presentan estados financieros a los organismos de control, y sus resultados son analizados internamente por sus socios o accionistas, pero no se aprecia la valoración de la riqueza ambiental, fin de la biocontabilidad.

Los clientes (eslabón de la cadena) de carrocerías de autobuses, lo conforman en su mayoría las cooperativas de transporte urbano e interprovincial de pasajeros privado o públicas de todo el país, cuyo servicio es administrado por el estado ecuatoriano. Al otro extremo de la cadena, están los talleres de mecánica dedicados al mantenimiento o reparación de los autobuses; ya que luego de un cierto tiempo de uso, los autobuses requerirán de servicios como: pintura, ajustes, o un determinado arreglo mecánico, eléctrico u de otro tipo; estos talleres en su mayoría son micro empresas que prestan servicio de post venta de manera formal e informal (Revista Líderes, 2015).

Con base a esta información de la cadena de valor y los aspectos biocontables de la manufactura del sector carrocerero de autobuses, se establece que en los procesos y actividades de la producción del autobús (cadena de valor), desde la óptica de la biocontabilidad la riqueza natural no es valorada desde el nuevo enfoque contable. A esto se suma, los criterios de los funcionarios de las empresas entrevistadas, que coinciden en el cumplimiento de las normas ambientales impuestas por los organismos de control, pero no en dar respuesta a la demanda social de cuidar el ambiente; además, el desconocimiento de la biocontabilidad y de un modelo para su aplicación empresarial; pero denotan interés de conocer y aplicar en sus empresas esta teoría contable.

### 3.5. Problemática de la cadena de valor del sector carrocerero

La cadena de valor del sector fabricante de carrocerías de autobuses, permite identificar una serie de problemas de las empresas en el manejo de sus residuos, los cuales afectan el medio ambiente; y, además no son valorados en su biocontabilidad.

Se han establecido los principales problemas que enfrentan actualmente cada uno de los actores de la cadena de valor; además, se proponen algunas posibles estrategias a seguir para su mejoramiento (V. tabla No. 2). Por ejemplo, para los proveedores de proveedores (empresas de recolección de desperdicios), su problema es no poder contar los materiales clasificados, proponiendo como una posible estrategia de escalonamiento: al reciclaje efectivo de los residuos.

**Tabla 1**  
 Análisis de la problemática y escalonamiento de la cadena de valor en el sector carrocerero

Participantes de la cadena de valor	Actores	Problemática	Posibles estrategias de escalonamiento
Proveedores de proveedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas de recolección de desperdicios.</li> <li>• Personas que recolectan chatarra</li> </ul>	Estos actores tienen inconvenientes en la entrega - recepción de la chatarra, ya que la misma no está separada por tipo de desecho.	Reciclar más efectivamente los desperdicios, sumado a una política de chatarrización de automotores que dinamizaría esta actividad, y podrá bajar los costos.
Proveedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ABILCA</li> <li>• NOVACERO</li> </ul>	Sanciones por la contaminación ambiental, emanación de gases.	Invertir en maquinaria moderna que minimice los efectos contaminantes; para lo cual se podría pedir la disminución o exoneración de impuestos para el sector.
Empresas carroceras	Empresas representativas del sector carroceras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• VERMA S.A.</li> <li>• COPEDA C.A. LTDA.</li> </ul>	Existen desperdicios de materiales en los procesos de producción de carrocerías que no son controlados, ni su forma de desecharse.	Creación de sub- productos que generen valor agregado al negocio.
Participantes de la cadena de valor	Actores	Problemática	Posibles estrategias de escalonamiento
Clientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cooperativas de transportes del Ecuador</li> <li>• Entidades públicas y privadas</li> </ul>	Falta de normas y cumplimiento de las existentes en cuanto a la vida útil para el funcionamiento y renovación de las unidades de transporte.	Realizar alianzas estratégicas con empresas carroceras, para facilitar la renovación de las unidades de transporte, y, con empresas de chatarrización para la recepción de los autobuses usados.
Post venta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talleres mecánicos formales e informales</li> </ul>	Poca garantía en los trabajos de mantenimiento y arreglo de daños de las carrocerías	Realizar alianzas estratégicas con las empresas carroceras para prestar servicios eficaces de mantenimiento y arreglo de daño de las carrocerías.

Fuente: Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (2014)  
Elaboración: Altamirano M., Altamirano F., y Benavides R.

La información contenida en la tabla No.2, de la problemática y escalonamiento de la cadena de valor en el sector carroceras, determina un notorio descuido en el manejo de los desperdicios y residuos al inicio y fin de la cadena de valor de cada eslabón del proceso de fabricación de carrocerías de autobuses; los cuales no han sido manejados de manera eficiente por ningún involucrado o empresa dentro del marco de la responsabilidad social y ambiental; y, es quizás la actividad de recolección y reciclaje de la principal materia prima: la chatarra de acero, la única alternativa de utilización de estos residuos.

El análisis realizado a la cadena de valor de la manufactura de carrocerías y su relación con los principios de la biocontabilidad, establece la necesidad de concientizar a los directivos de las empresas, en que el valor de la riqueza ambiental debe ser reconocida contablemente con reportes de la gestión ambiental derivados de los distintos procesos de la cadena de valor de la fabricación de sus productos.

## 4. Conclusiones

Las empresas carroceras de la provincia del Tungurahua contribuyen de manera significativa al incremento del producto interno bruto del país y zona, generando empleo para la localidad y rentabilidad para sus accionistas.

El sector carroceras no maneja de manera adecuada sus residuos, y desconoce para su aplicación teórica y práctica los beneficios de la bio- contabilidad; pero, existe el interés del sector en mejorar la actual estructura de sus fábricas, y ser parte de la cadena global ambientalista.

Es necesario valorar el impacto ambiental de los residuos de los materiales desechados por las empresas fabricantes de carrocerías de autobuses; para lo cual se requiere profundizar en el análisis de los procesos productivos del sector carroceras, así como en el uso del producto terminado.

Finalmente, las empresas carroceras que emiten desperdicios están conscientes que estos desechos pueden servir para la creación de subproductos que generen rentabilidad a sus empresas y disminuyan el impacto al medio ambiente.

---

## Referencias bibliográficas

- Andrade, A. (1 de Mayo de 2016). *Análisis de la industria metalmeccánica Carrocera de Ecuador durante el periodo 2006-2013*. Obtenido de Repositorio.puce.edu.ec:  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11504/Disertaci%C3%83n%20%20ALVARO%20ANDRADE.pdf?sequencia=1&isAllowed=y>
- Asociación de empresas automotriz del Ecuador. (2017). *Sector automotor en cifras*. Ecuador: AEADE. Obtenido de [http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2017/01/Sector-en-cifras-4\\_enero-2017-1.pdf](http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2017/01/Sector-en-cifras-4_enero-2017-1.pdf)
- Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías. (1 de abril de 2014). <https://canfacecuador.com/Informe-Final-Diagnostico-Sector-Carroceros.pdf>. Obtenido de <https://canfacecuador.com/Informe-Final-Diagnostico-Sector-Carroceros.pdf>
- Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías. (1 de Abril de 2014). *Informe diagnóstico del sector carroceros*. Quito, DM Metropolitano, Ecuador. Obtenido de <https://canfacecuador.com/Informe-Final-Diagnostico-Sector-Carroceros.pdf>
- Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías. (2 de Agosto de 2015). 54 empresas carroceras ya tienen su certificación. *Líderes*, pág. 1.
- Camino, S., Bermúdez, N., y Alvarado, E. (2018). *Estudios Sectoriales*. Ecuador: Investigación y Estudios Superintendencia de Compañías Valores y Seguros del Ecuador. Obtenido de <https://investigacionyestudios.supercias.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/Estudio-Sectorial-Inversi%C3%83n-Empresarial-2013-2017.pdf>
- Camino, S., Bermúdez, N., y Alvarado, E. (1 de Abril de 2018). *Estudios Sectoriales*. Quito, DM Quito, Ecuador. Obtenido de Investigación y Estudios Superintendencia de Compañías Valores y Seguros del Ecuador: <https://investigacionyestudios.supercias.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/Estudio-Sectorial-Inversi%C3%83n-Empresarial-2013-2017.pdf>
- Joonkoo, L., Genef, G., y Barrientos, S. (2011). Global value chains, upgrading and poverty. *Capturing the Gains*, 1-6. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/SSRN-id1990232.pdf>
- Martínez, P. C. (2006). El método de estudio de caso. *Pensamiento y Gestión*, 165-193.
- Marx, C., y Engels, F. (1979). *La Ideología Alemana*. Ed. Política, 1-10. Obtenido de <https://www.marxists.org/espanol/m-a/1840s/feuerbach/1.htm>
- Marx, K. (2013). *El capital*. Buenos Aires: Editorial Dista.
- Mejía, E., Mora, G., Montes, C. A., y Montilla, O. d. (2014). Marco Conceptual de la Biocontabilidad. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío EAM*, 94-111. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4955412>
- Ministerio de Industrias y Productividad. (2017). *Balance del sector industrial 2013-2016*. Quito, DM Quito, Ecuador. Obtenido de <http://servicios.industrias.gob.ec/>
- Morillo, M. (2005). Análisis de la Cadena de Valor Industrial y de la Cadena de valor agregado para las pequeñas y medianas industrias. *Red Actualidad Contable Paces*, 53-71.
- Revista Latinoamericana de Economía. (2018). Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. *Revista Latinoamericana de Economía*, 32(125), 1-30. Obtenido de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/pde/articulo/view/7389>
- Revista Líderes. (15 de 08 de 2015). 54 empresas carroceras ya tienen su certificación. *El comercio*, pág. 1.
- Silva da Rosa, F., Lunkes, R., y Pfitscher, E. (2012). Contabilidad medioambiental en España: proceso estructurado de revisión y análisis teórico referencial. *Contabilidad y Negocios*, 23-48. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ContabilidadMedioambientalEnEspana-5038270.pdf>
- Smith, A. (1991). La división del trabajo. *bdigital*, 98-118. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1508/4/03CAP102.pdf>
- Sturgeon, T. (2011). De cadenas de mercancías (commodities) a cadenas de valor. *EUTOPÍA*, 11-38.
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador. (20 de 10 de 2017). *Estudios Sectoriales: Manufacturas*. Obtenido de <http://portal.supercias.gob.ec/>:  
<http://portal.supercias.gob.ec/wps/wcm/connect/1a434aaa-5924-47b7-a914-72b03c7004d4/Estudio+Sectorial+Manufacturas+Final.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=1a434aaa-5924-47b7-a914-72b03c7004d4>

- 
1. Doctorando en Contabilidad por la Universidad Nacional de Rosario, Magíster en Auditoría Gubernamental, Académico, Docente Escuela de Administración de Empresas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. Email: [matamirano@puces.edu.ec](mailto:matamirano@puces.edu.ec)
  2. Doctor en la Acción Educativa Perspectivas Histórico-Funcionales por la Universidad de Alcalá, España. Académico, Máster en Dirección de Empresas, Docente Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Email: [raul.fernandez@espoch.edu.ec](mailto:raul.fernandez@espoch.edu.ec)
  3. Máster Universitario en Derecho Penal por la Universidad de Salamanca, España. Académico, Universidad Internacional SEK, Ecuador. Email: [fernando.sitaramino@iuk.edu.ec](mailto:fernando.sitaramino@iuk.edu.ec)

## 7.7. Anexo 7: Alianza ecuatoriano-china fabricará 1.200 buses.



Jorania 12:03 Actualidad: Nuevo acuartelamiento de miles de jóvenes se realizó este fin de semar



«ECONOMÍA»

Esta meta anual permitirá la creación de 600 opciones laborales

### Alianza ecuatoriano-china fabricará 1.200 buses

Mecánicas Albán, Secohi y Higer Bus comenzarán la producción en serie desde este noviembre en Latacunga.

20 de Julio de 2022 a las 12:03

Los buses autoportantes tienen mayor distancia entre ejes y un espacio adecuado para guardar maletas.

Foto: Janet Ochoa / para El Telégrafo

Redacción Economía



Lectura estimada: 2 min  
Contiene: 342 palabras

Vistas: 26316

Tags: #00 ecuatorochina buses fabricación

Más vistas en Economía

1. \$ 975 es el nuevo salario básico unificado que regirá desde 2017

2. La economía y el derecho en estrecha relación

3. Con el 'boom petrolero' (1972-1982) inició el endeudamiento externo (Infografía)

4. Ecuador recibe entre \$ 50 millones y \$ 80 millones por nuevos acuerdos

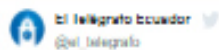
#### Tweets por @el\_telegrafo



Lexa, presidente de la República, envió una carta a la Fiscal General del Estado en donde debate la lista de nombres de asambleístas que habrían pedido favores económicos a cambio de un voto a favor del Proyecto de Ley de Atracción de Inversiones ▶ [tinyurl.com/y/p8ac33](https://tinyurl.com/y/p8ac33)



18 min



Campez católic a su triunfo como "bucardo, atreído y muy menecado" ▶ [tinyurl.com/y/8awwz0](https://tinyurl.com/y/8awwz0)



1h

El pasado miércoles 27, en un evento realizado en Latacunga con la presencia del titular del Ministerio de Industrias y Productividad (Mipro), Santiago León, Construcciones Mecánicas Albán (CMA), Secohi y la compañía china Higer Bus presentaron el primer prototipo de un modelo de 'bus autoportante' cuya fabricación en serie comenzará a partir de noviembre de este año.

"Lo que presenciamos es la demostración de que, dejando de lado nuestras limitaciones y aprovechando nuestras ventajas, capacidades y empuje, podemos construir grandes cosas. Hace diez años, quién diría que Ecuador iba a fabricar buses, no ensamblar, sino fabricar", dijo el ministro León, quien fue testigo de honor de la firma del convenio entre los empresarios.

El nuevo modelo de 'bus autoportante' tiene capacidad para 40 pasajeros sentados y será adquirido por la Cooperativa de Transportes Putumayo. Además de elaborar ese producto, la alianza chino-ecuatoriana construirá otros cuatro modelos, bus urbano, bus escolar, bus de turismo y bus interprovincial con motor posterior.

Dependiendo del modelo serán los costos de los buses que oscilarán entre \$ 30.000 y \$ 50.000. Los servicios de mantenimiento de las unidades serán efectuados en la planta industrial de CMA-Secohi, ubicada en Latacunga. Para la distribución y venta de los vehículos se establecieron diez puntos de atención en Latacunga, Ambato, Quito, Cuenca y Riobamba.

Para implementar este emprendimiento, la CMA requirió \$ 3'000.000 y dos años de trabajo. Estos vehículos tienen el 75% de piezas ecuatorianas y el 25% corresponde al motor y la caja de cambios que son importados.

Según Cristóbal Corrales, gerente de Secohi, la planta cuenta con las características para producir 1.200 buses anualmente, creando así 600 plazas de empleo directo e indirecto.

Francisco Wu, representante de Higer Bus Company Limited, explicó que la empresa ofrecerá los chasis para buses de 12,50 metros y sus productos tienen dos años de garantía.

En la planta de fabricación laboran 30 obreros. Entre ellos, Jorge Villarreal, que trabajó en el ensamblaje del prototipo 35 días, quien expresó que se siente satisfecho de haber participado en un proyecto pionero del país. (I)

- 7.8. Anexo 8: E. B. B. Vladimir, «Estudio del comportamiento de un corrector de camber y caster usando elementos finitos para su alineación en un vehículo con suspensión tipo MCPHERSON,» 13 Febrero 2020..



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

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

**TEMA:**  
**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN CORRECTOR DE**  
**CAMBER Y CASTER USANDO ELEMENTOS FINITOS PARA SU**  
**ALINEACIÓN EN UN VEHÍCULO CON SUSPENSIÓN TIPO**  
**MCPHERSON**

**AUTOR:**  
**ENRÍQUEZ BUSTAMANTE BYRON VLADIMIR**

**DIRECTOR:**  
**ING. EDWIN SALOMÓN ARROYO TERÁN MSC.**

**Ibarra, 2020**

## RESUMEN

La necesidad de mantener la seguridad activa y pasiva en óptimas condiciones dentro de los sistemas de un vehículo ha permitido la constante revisión de sus componentes, para poder realizar el mantenimiento preventivo adecuado en cada uno de sus sistemas; por consiguiente, proporcionar un correcto ajuste en el sistema de dirección puede evitar desgastes en sus piezas, y así evitar accidentes. En este proyecto se realizó el análisis estático estructural de las piezas del sistema de suspensión y dirección con el uso del equipo corrector de camber, las piezas fueron extraídas de un vehículo con una suspensión tipo *McPherson* necesaria para el uso del equipo. Para el análisis estático estructural se realizó el modelado de las piezas, el cálculo de las fuerzas ejercidas por el equipo corrector, así como el análisis mediante elementos finitos. Con el resultado del análisis se determinó la ubicación en donde se produce la corrección del ángulo camber que se encuentra en el brazo de mangueta evitando producir fisuras en el amortiguador al momento de utilizar el equipo; no obstante, se debe tener cuidado con el ángulo máximo permisible emitido por el fabricante del equipo corrector, ya que el uso excesivo del equipo puede causar daños críticos a las piezas que intervienen en la alineación. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la simulación se realizó la comprobación del equipo corrector mediante el uso de una alineadora verificando la alineación del ángulo camber, se observó el ángulo antes y después de ser corregido, con lo que se comprueba la efectividad del equipo.



## 1.11 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

La idea general de Método de Elementos Finitos MEF es la división de un mecanismo en un conjunto de elementos más pequeños, los cuales se encuentran unidos a través de una serie de puntos denominados nodos (Marcial, 2012, pág. 30).

Existe ecuaciones que evalúan todo el conjunto de elementos lo que permite pasar un sistema que está regido por una ecuación diferencial o varias ecuaciones a un sistema con un número de grados de libertad finitos delimitados por un sistema lineal de ecuaciones.

La esencia del método de los elementos finitos es tomar un problema complejo, cuya solución puede ser difícil, si no imposible de obtener y descomponerlo en piezas individuales, cuyas soluciones pueden ser construidas y luego unir las soluciones locales aproximadas para obtener una solución aproximada global (Matamoros, 2007, pág. 160).

La utilización de herramientas computacionales basadas en elementos finitos ha permitido el modelado y la solución numérica de problemas que deben ser simulados y permitan la integración analítica de los comportamientos en un sistema multicuerpo.

El sistema físico se divide en series de elementos que están conectados por un número discreto de puntos nodales; este proceso se denomina "discretización", una expresión matricial se desarrolla para relacionar las variables nodales de cada elemento, la matriz resultante se conoce comúnmente como "matriz elemental", para un problema discreto, la matriz elemental puede ser generada a partir de un análisis físico ( Espinoza & Niño, 2001, pág. 1).

## CAPÍTULO II

### 2 MATERIALES Y MÉTODOS

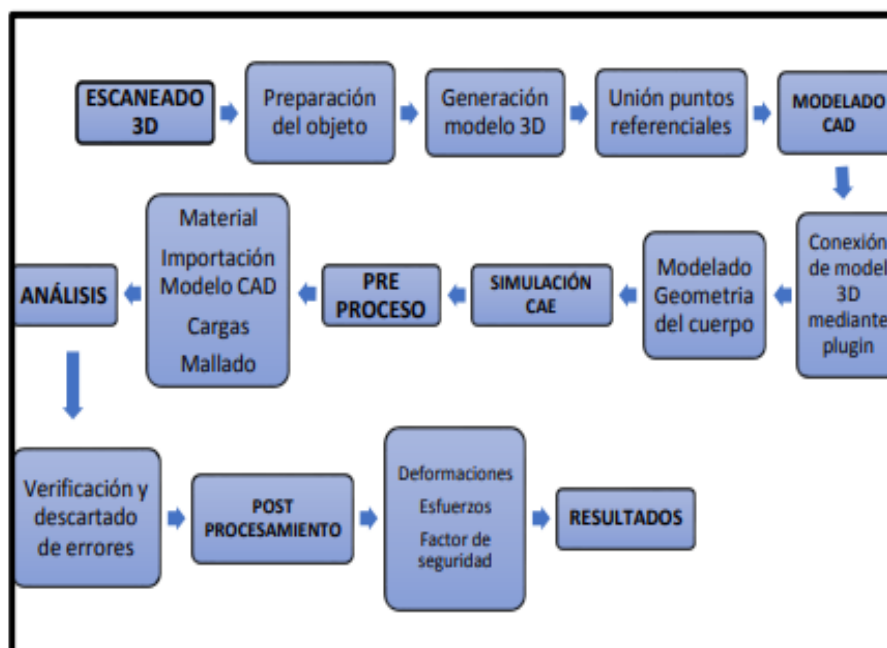
#### 2.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se enfoca en la recopilación de datos necesarios para poder desarrollar el proyecto, con ello garantizar la fiabilidad del análisis; además, los recursos utilizados tanto equipos, materiales y programas.

Se tiene en cuenta para los cálculos presentes en el proyecto los datos emitidos por el fabricante, además, de planos del equipo; lo que permite tener un menor error, al momento de ingresar los parámetros en el entorno computacional que desarrollará la simulación.

Se tomaron varios parámetros físicos para el ingreso de datos al software, entre estos datos están la geometría, el material, así como el mallado necesario para poder ejecutar la simulación.

Se realiza un cuadro sistematizado con el principio de funcionamiento del entorno de análisis por el Método de Elementos Finitos MEF, estructurado paso a paso lo que será realizado por el software para una mejor comprensión.



En la figura 2.1 se representa el diagrama de flujo empleado en el desarrollo general del proyecto, enfocado en el proceso de elaboración del modelo, simulación, y análisis de resultados.

En el proceso de modelado se utiliza el software *SolidWorks* por su facilidad y adaptabilidad de los modelos CAD, además, se utiliza el complemento *Capture Geomagic* para poder exportar los elementos escaneados directamente en el software, con ello poder verificar la desviación del modelado y desarrollar un modelo CAD con desviaciones mínimas al modelo original.

Para la simulación del modelo se utilizó el software computacional *ANSYS EDUCATIONAL*, este presenta las características adecuadas y avanzadas para poder reestructurar el modelado al análisis correspondiente según el enfoque esperado, se considera el tipo de mallado que utilizará el cuerpo, el material de los componentes, el tipo de análisis a ser verificado, además de las restricciones para el objeto determinado.

A continuación, cuando todos los parámetros están predefinidos en el software este procede a evaluar todos los cálculos para el fin y desarrolla la matriz del método de elementos finitos para poder determinar la solución del análisis.

## **2.2 METODOLOGÍA ESCaneo 3D**

Un escáner 3D es un dispositivo que permite la caracterización de un elemento reuniendo información de forma y contorno, el cual es capaz de generar una nube de puntos con los cuales se determina la forma del objeto y poder crear el modelo tridimensional en un software computacional.

La tecnología sin contacto es la que utiliza un escáner de luz estructurada, el cual está basado en la proyección de un patrón de luz sobre el objeto a ser escaneado el cual determina la forma mediante la deformación que existe en la luz emitida.

Se podrá determinar objetos unidimensionales y bidimensionales, en el caso de los modelos tridimensionales estos utilizan una unión por medio de una línea que es la que determina la unión de varios segmentos bidimensionales para conseguir formar el objeto tridimensional, todos los puntos de la línea usan la técnica de triangulación para poder formar un solo cuerpo.

## **3.2 SOLUCIÓN**

Se determina la solución una vez configurado el pre-proceso después de haber sido verificado todos los parámetros en cada módulo presente en el programa computacional. El programa inicia el proceso de solución hasta determinar los resultados especificados en el análisis.

Para el análisis no se tomó en cuenta el soporte *Gaho A* puesto que no cumple con una función determinante para la simulación y esto provocaría un gasto computacional innecesario en el proceso de análisis.

## **3.3 ANÁLISIS ESTÁTICO ESTRUCTURAL**

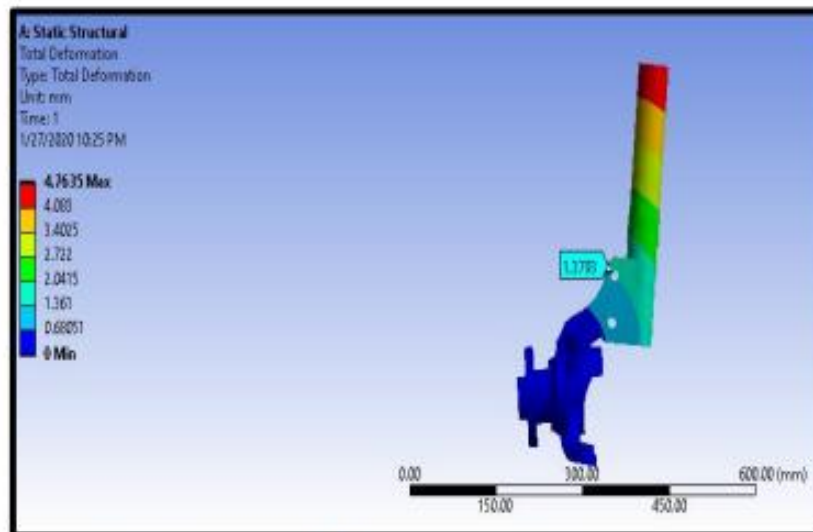
El análisis estático estructural determina los resultados obtenidos de manera gráfica y animada según los criterios que se han preestablecido en la etapa de solución, los cuales son el cálculo de deformaciones, desviación del cuerpo, límite de esfuerzos permitidos y factores de seguridad.

Cabe mencionar que las fuerzas máximas aplicadas en el pistón y determinadas con anterioridad son 36 204,58 N fuerza de empuje y 21 477,34 N para la fuerza de retracción, las cuales simulan el trabajo realizado por el equipo de corrección.

### **3.3.1 ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN TOTAL**

En el análisis de deformación se determina la desviación máxima que presenta la mangueta, cuando es sometido a las cargas máximas de empuje y retracción producidas por el equipo corrector.

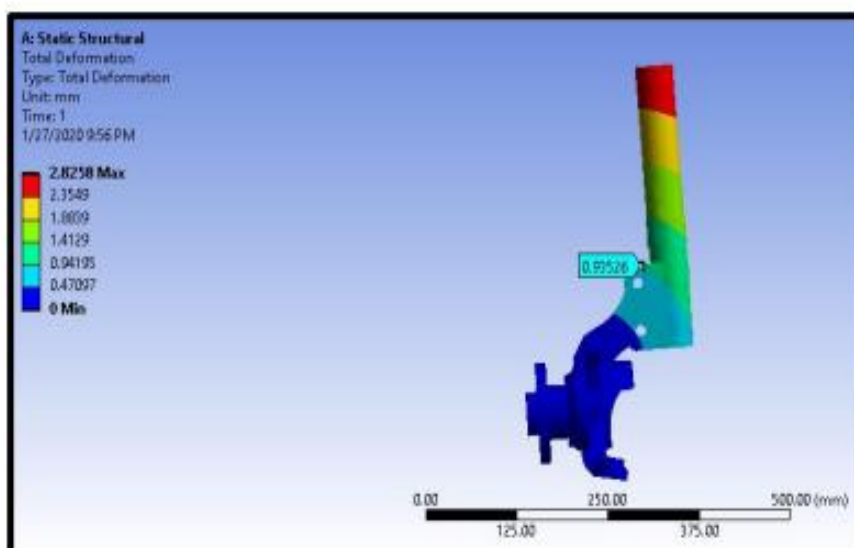
- Análisis de deformación total con fuerza máxima de 36 204,58 N



**Figura 3.1** Análisis de deformación con fuerza de empuje

Como se observa en la figura 3.1 los resultados que se obtuvieron en el análisis de deformación total fueron de 4,76 mm en un desplazamiento máximo; en cambio el desplazamiento mínimo es de 0, puesto que se encuentra en el punto pivote fijo, además la desviación en el punto de unión de la base del amortiguador con el brazo de la mangueta presenta una desviación de 1.37 mm.

- Análisis de deformación total con fuerza máxima de 21 477,34 N



**Figura 3.2** Análisis de deformación total con fuerza de retracción

Como se observa en la figura 3.2 el resultado que se obtuvo frente a la máxima desviación total aplicada la fuerza de retracción fue de 2,82 mm, y la desviación mínima respecto al punto fijo es de 0, mientras que la desviación en el punto de unión entre la base del amortiguador y el brazo de la mangueta es de 0,93 mm.

### 3.3.2 ANÁLISIS DE EQUIVALENCIA AL ESFUERZO

El límite de tensión se determina de acuerdo con las fuerzas ejercidas sobre la geometría del cuerpo, permitiendo analizar si el cuerpo está dentro del límite de deformación establecido por el material.

- Análisis de equivalencia al esfuerzo con fuerza máxima de 36 204,58 N

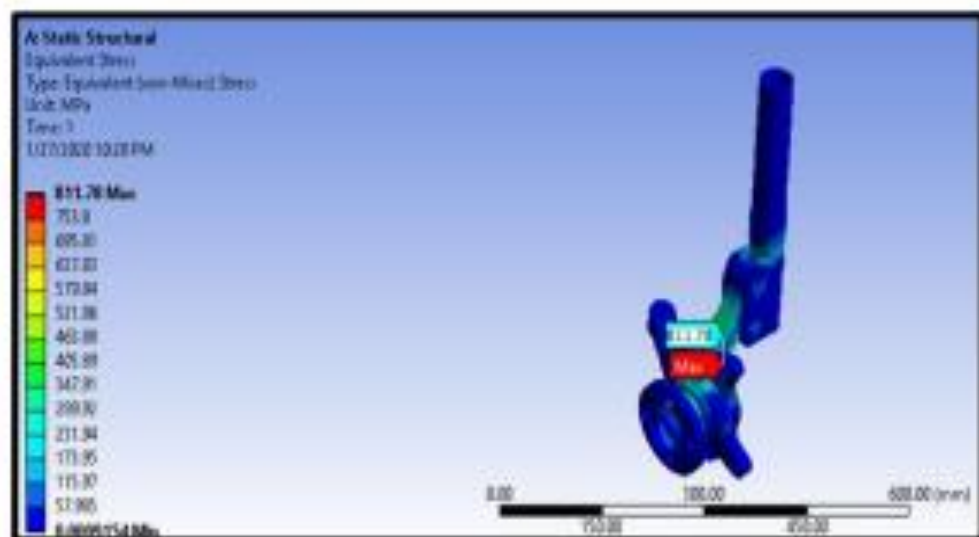


Figura 3.3 Análisis de tensión con fuerza de empuje

Como se observa en la figura 3.3 el esfuerzo máximo se encuentra en la base del brazo de mangueta, el esfuerzo es de 811,79 MPa, este esfuerzo es el que permite la deformación del material y por lo tanto la corrección del ángulo; el esfuerzo mínimo ejercido en la unión de la base del amortiguador con el brazo de mangueta es de 270,06 MPa; esta tensión permite la corrección del ángulo camber negativo aplicada la fuerza de empuje.

- Análisis de equivalencia al esfuerzo con fuerza máxima de 21 477,34 N

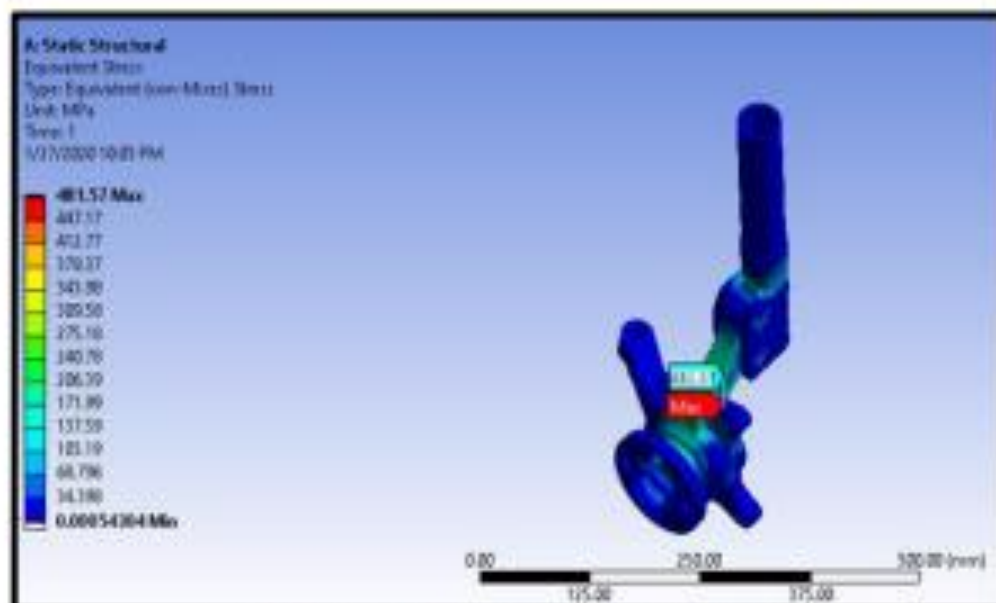


Figura 3.4 Análisis de tensión con fuerza de retracción

En la figura 3.4 se determina el análisis de tensión aplicada la fuerza de retracción. Se observa que la tensión máxima se encuentra en la base del brazo de mangueta, así la fuerza que permite la deformación en el brazo de mangueta es de 481,57 MPa.

Con ello la fuerza producida por el equipo de corrección acompañado con el diseño del brazo del soporte permite transmitir la fuerza con efecto palanca lo que permite que se deforme el brazo de la mangueta y con ello se evita daños en el amortiguador teniendo en éste un esfuerzo de 160,52 MPa.

### 3.3.3 FACTOR DE SEGURIDAD

En este estudio se determina los esfuerzos permisibles para poder soportar las cargas producidas por el equipo de corrección sin que llegue a estar el material en el punto de fractura, pudiendo dañar a las piezas analizadas.

- Factor de seguridad con fuerza máxima de 36 204,58 N

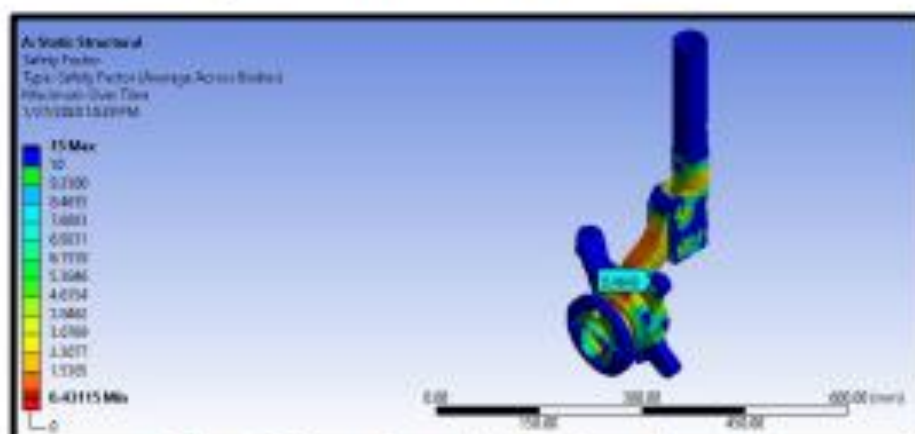


Figura 3.5 Factor de seguridad con fuerza de empuje

Como se observa en la figura 3.5 el factor de seguridad determina que existe una gran tensión en la parte inferior del brazo de mangueta teniendo como un resultado mínimo de 0,4. Esto permite establecer que existe un esfuerzo que deforma el brazo de mangueta, el factor de seguridad se encuentra bajo uno, lo que establece que el material se encuentra en la zona de plasticidad, ya que el  $S_{ut}$  del material es de 880 MPa y el esfuerzo máximo producido por el equipo corrector es de 811.79 MPa por lo que se deforma el material sin llegar a la fractura. Con lo que respecta al resto del cuerpo se puede observar que hay un límite aceptable, hay un evidente esfuerzo en el amortiguador y el factor de seguridad en este punto es de 1.8, respetando los límites permisibles por el material.

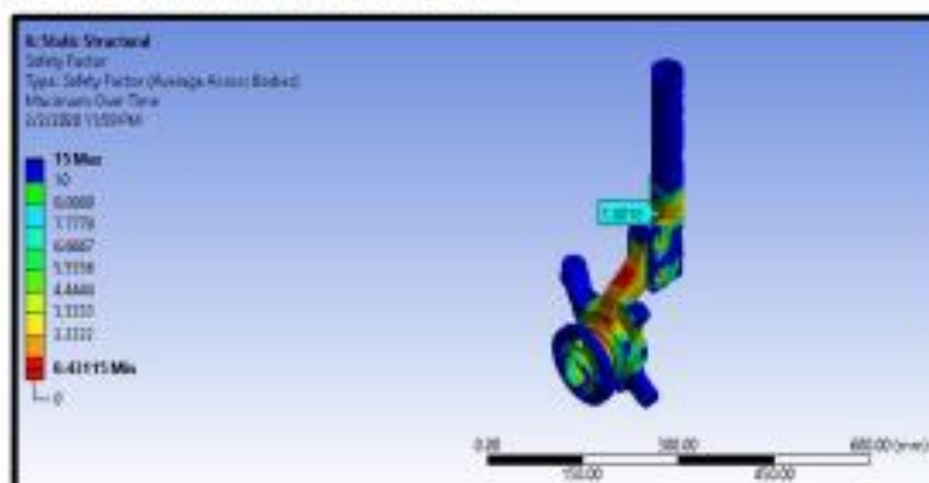


Figura 3.6 Factor de seguridad punto prueba amortiguador fuerza de empuje



En la figura 3.6 se observa que el factor de seguridad en el amortiguador es de 1.8 permitiendo que no existe riesgo de fractura en el material con ello evidenciando que no existe problema al usar el equipo corrector pudiendo dañar las partes de una suspensión *McPherson*

- Factor de seguridad con fuerza máxima de 21 477,34 N

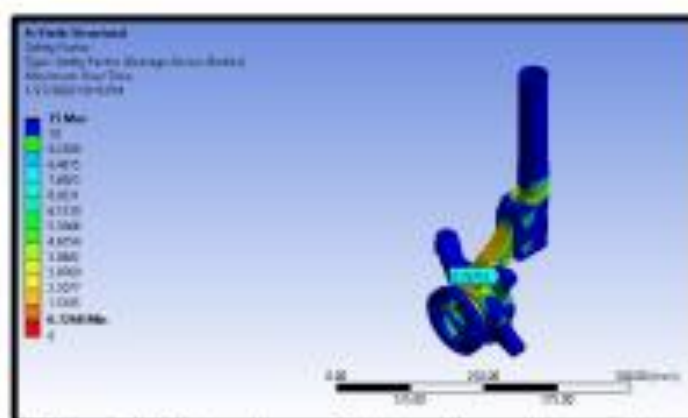


Figura 3.7 Factor de seguridad con fuerza de retracción

Como se observa en la figura 3.7 existe un factor de seguridad mínimo de 0,7 en el brazo de mangueta, con la fuerza de retracción se logra corregir el ángulo *camber* positivo, el factor de seguridad se encuentra por debajo de 1 lo que indica que el material se encuentra en la zona de plasticidad ya que el *Sut* del material es de 880 MPa y el esfuerzo aplicada la fuerza de retracción máxima producida por el equipo es de 481.57 MPa permitiendo la deformación del material sin llegar a la fractura.

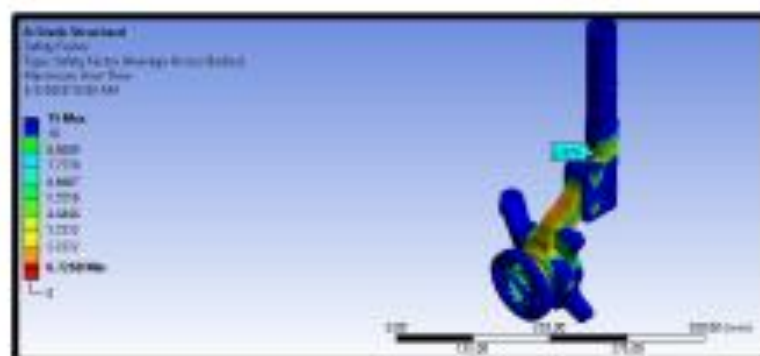


Figura 3.8 Factor de seguridad punto prueba amortiguador fuerza de retracción

En la figura 3.8 se observa que el factor de seguridad en el amortiguador con fuerza de retracción máxima es de 2.87 permitiendo que no exista fractura en esta pieza.

### 3.3.4 ANÁLISIS DE FIABILIDAD EQUIPO CORRECTOR

En este análisis se determina la fiabilidad que presenta el equipo corrector frente a los esfuerzos máximos prestables sin que este se vea afectado por el uso de este.

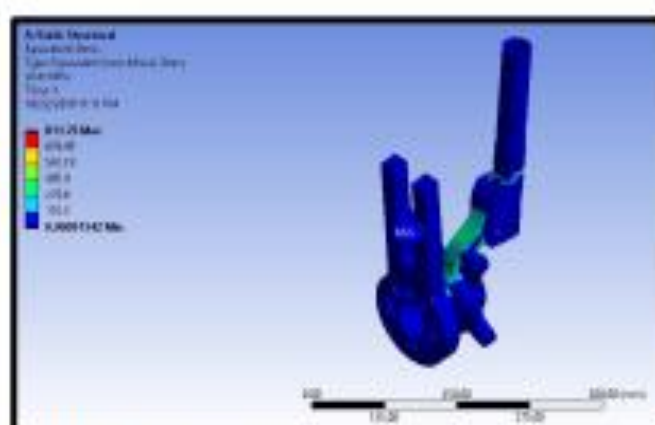


Figura 3.9 Análisis de tensión con fuerza de empuje equipo corrector

En la figura 3.9 se observa el análisis de tensión máxima aplicada la fuerza de empuje sobre el equipo corrector permitiendo determinar que la tensión mínima recae sobre el soporte B del equipo corrector siendo de  $9,15 \times 10^{-4} \text{ MPa}$ .

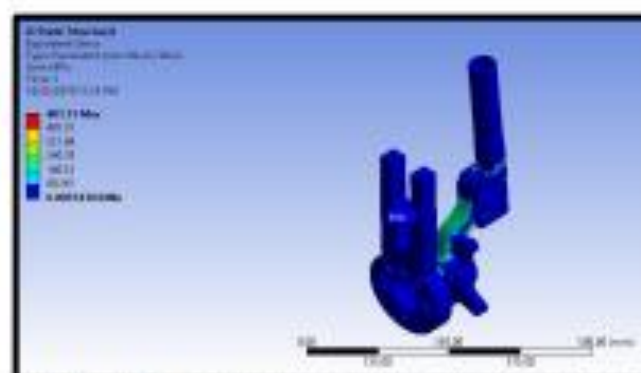


Figura 3.10 Análisis de tensión con fuerza de retracción equipo corrector

En la figura 3.10 el análisis de tensión con la fuerza máxima de retracción permite la corrección del ángulo camber positivo. El análisis determina que en el brazo del soporte B se encuentra el mínimo esfuerzo de  $5,43 \times 10^{-4} \text{ MPa}$ .

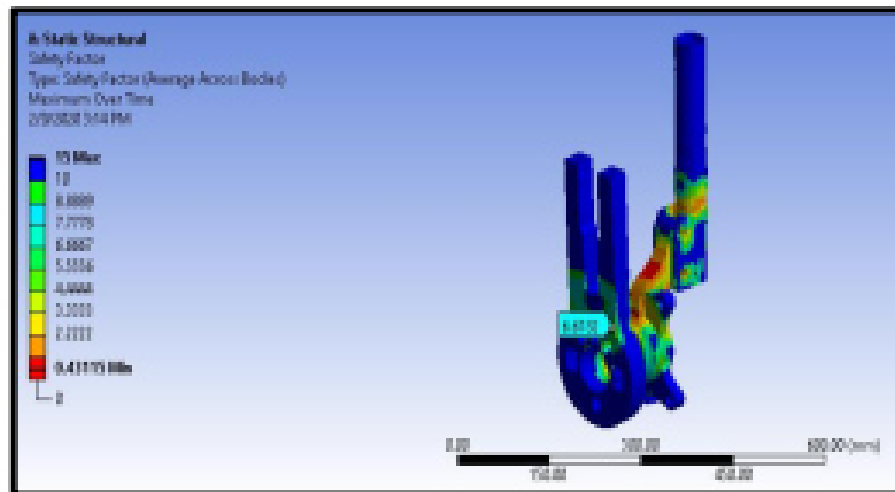


Figura 3.11 Factor de seguridad con fuerza de empuje equipo corrector

En la figura 3.11 se observa el factor de seguridad aplicada la fuerza máxima de empuje sobre el equipo corrector, se obtuvo un factor de seguridad en el soporte B de 6.6 lo que establece que no existirá problemas de deformación o fractura por parte de este elemento garantizando con ello el correcto funcionamiento del equipo corrector.

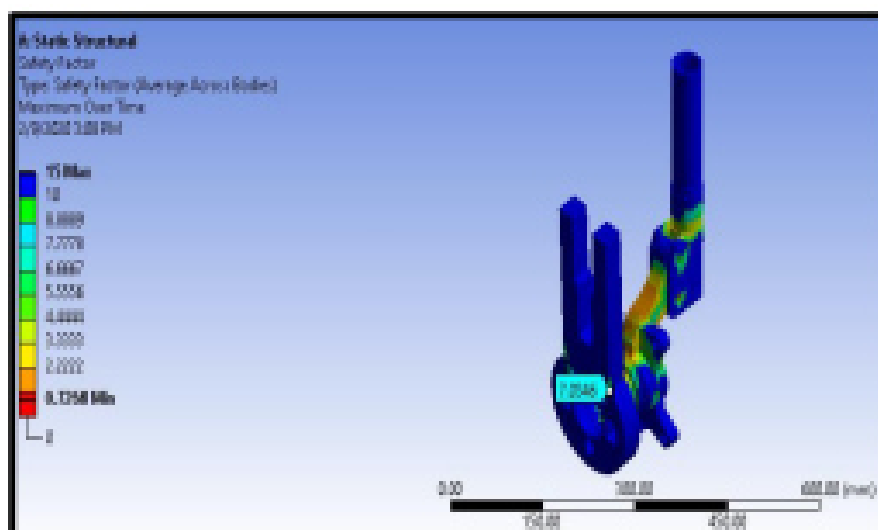


Figura 3.12 Factor de seguridad con fuerza de retracción equipo corrector

En la figura 3.12 se observa el factor de seguridad con fuerza de retracción máxima sobre el soporte B alcanza los 7.03 colocando la fiabilidad del uso del equipo de corrección sin que este también se vea afectado cuando se realiza la corrección del ángulo camber positivo.

### 3.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Obtenidos los datos de los diferentes análisis se puede determinar que las deformaciones producidas por el equipo de corrección se encuentran situadas en el brazo de la mangueta, encontrando en esta los esfuerzos máximos de tensión, que permite alcanzar el rango de plasticidad del material, lo que ocasiona que el brazo permanezca deformado una vez retirada la presión ejercida por el cilindro hidráulico, esto permite la alineación del ángulo camber del vehículo.

Lo que resulta beneficioso ya que todo el esfuerzo producido por el equipo va directo a la mangueta y no afecta al amortiguador evitando así que pudiera producir daños estructurales sobre este.

En la tabla 3.1 se resume el análisis estático estructural en el cual se observa el comportamiento de la mangueta frente a los esfuerzos máximos producidos por el equipo corrector.

**Tabla 3.1** Resumen análisis estático estructural

	Fuerza de Empuje	Fuerza de Retracción
	36 204,58 N	21 477,34 N
Deformación	1.37 mm	0.93 mm
Esfuerzo Máximo	811.78 MPa	481.57 MPa
Factor de Seguridad	0.4	0.7

### 3.5 EVALUACIÓN RESULTADOS EQUIPO DE CORRECCIÓN

En la siguiente parte se hace referencia al funcionamiento del equipo corrector permitiendo verificar el grado de desviación que presente el ángulo camber por medio del uso de una alineadora, logrando identificar los grados corregidos una vez usado el equipo.

7.9. Anexo 9: E. P. Ivám Espinoza, «Determinación de factibilidad técnica y económica para la producción nacional de utillaje especial automotriz,» 2020.

---



UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
AUTOMOTRIZ

Determinación de factibilidad técnica y económica  
para la producción nacional de utillaje especial  
automotriz

Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autores

Goberth Iván Aguilar Espinoza

Nixon Elías Armijos Ponce

Director

Francisco Torres Moscoso

CUENCA – ECUADOR

2020

## DETERMINACIÓN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE UTILLAJE ESPECIAL AUTOMOTRIZ

G. Aguilar<sup>1</sup>- E. Armijos<sup>1</sup>  
Código: 72516 y 76331

<sup>1</sup>Universidad del Azuay. Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo  
gobertibivas@cs.uazuay.edu.ec; elias\_j.23@cs.uazuay.edu.ec

**Resumen.** \_ El presente estudio, tiene como finalidad analizar la factibilidad técnica económica para producción de extractores de juntas homocinéticas. Primero se determina el diseño, seguido por la evaluación de materiales, análisis de esfuerzos y factibilidad en el mercado. La determinación de la fuerza máxima de 14kN se obtuvo mediante el uso de programa de elementos finitos a diseños existentes en el mercado, realizando varias iteraciones hasta obtener el valor que lleve la herramienta a su máximo esfuerzo que es 220 MPa y en base a esa fuerza se realizó el diseño para construir la herramienta que soporte una fuerza mayor; esto mediante procesos de forjado y mecanizado, obteniendo así un factor de seguridad de 1.49 y 1.24 respectivamente. Finalmente se realizó un estudio de mercado determinando que es factible producir la herramienta por procesos de mecanizado, debido a que la forja representa elevados costos de implementación.

**Palabras Claves:** Extractor de juntas homocinéticas, diseño, maquinado, factibilidad.

**Abstract.** \_ The purpose of this study was to analyze the economic and technical feasibility for the production of homokinetic joint extractors. In the beginning is determined. Then the evaluation of materials, analysis of efforts and feasibility analysis in the market were performed. The determination of the maximum force of 14kN was obtained through the use of the program of finite elements to existing designs in the market, performing several iterations until obtaining the value that takes the tool to its maximum effort that is 220 MPa. Based on that force, the design was carried out to build the tool that supports a greater force through forging and machining processes, obtaining a safety factor of 1.49 and 1.24 respectively. Finally, a market study was carried out determining that it is feasible to produce the tool by machining processes, because the forging process represented high production cost.

**Keywords:** CV joint extractor, design, forge, machined, feasibility.

### I. Introducción

Hoy por hoy, la creciente demanda de servicio y mantenimiento automotriz por parte de la población permiten que las empresas ingresen a un ámbito competitivo entre sí, esto impulsa al desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas de servicios para resaltar una de la otra, las cuales deben satisfacer las necesidades de la sociedad.

Este artículo está proyectado para contribuir al desarrollo de procesos de manufactura de herramientas en el país, ofertando a los talleres automotrices: fiabilidad, garantía, calidad y facilidad para realizar el trabajo.

La relación intrínseca entre la máquina, la herramienta y el producto, es clave para lograr los estándares de calidad requeridos en el mercado. Las herramientas están en constante evolución y en la búsqueda de lograr mayor precisión, certeza y confiabilidad. [1]

Los automóviles actualmente están equipados con sistemas electrónicos muy delicados y sensibles, por ello se requiere un cambio en los procesos de mantenimiento convencionales, más cuidadosos para evitar daños en estos nuevos implementos.

La fabricación de herramientas para desmontar juntas homocinéticas (Figura.1) u otras en general, empieza por seleccionar el diseño adecuado que cumpla con las condiciones requeridas; seguido a esto determinar un proceso de manufactura que no altere las propiedades mecánicas del material, el cual puede ser por conformado y mecanizado.



Figura 1 - Modelo del producto en el mercado. [2]

El objetivo final de la fabricación mecánica es la transformación de una materia prima en un producto acabado cumpliendo los requerimientos de calidad y precio. Para ello disponemos de diversas tecnologías en función de los materiales a transformar, los requerimientos del producto, el volumen de piezas a fabricar, etc. [3]. La figura 2 indica el proceso de transformación de materia prima a un producto acabado.



Figura 2 - Esquema de proceso de transformación de materia prima a un producto acabado. [3]

La junta homocinética es una pieza importante en los vehículos de tracción, sus ruedas delanteras se encuentran en constante movimiento, debido a que transmiten el movimiento del motor y son las encargadas de direccionarlo, como se muestra en la Figura 3. Esta pieza está formada por dos juntas cardán unidas a su vez por una pieza de doble horquilla que hace que el giro alterado por una de ellas sea rectificado por la otra, transmitiéndose así un movimiento uniforme a las ruedas. [4]

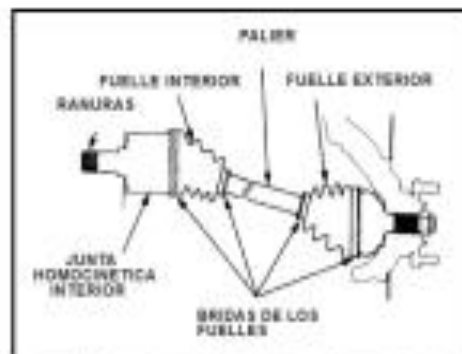


Figura 3 - Partes principales de la junta homocinética. [5]

Los problemas en juntas homocinéticas se caracterizan por las vibraciones y ruidos que se producen durante la marcha. Realmente cuando aparecen ruidos y vibraciones ya puede ser muy tarde para corregir un problema. Dentro del mantenimiento preventivo está el recambio del lubricante y del guardapolvo, este servicio es clave para la seguridad en la conducción y alargar la vida útil y el perfecto estado de un automóvil. [6]

Para justificar la construcción de herramientas especiales se realizó la matriz de dificultades y oportunidades la misma que se presenta a continuación. (Tabla I).

Tabla I - Matriz de dificultades y oportunidades.

Hechos (Dificultades)	Explicación	Solución tecnológica
Inconveniencia al realizar el mantenimiento	Difícil acceso, provoca pérdida de tiempo.	Construir una herramienta compacta que quepa en el espacio disponible.
Dado a los componentes adjuntos	Al utilizar herramienta inadecuada se dañan los componentes adjuntos.	Dimensionar correctamente la herramienta para evitar el contacto con los componentes adjuntos.
Uso de herramientas inadecuadas	Se utiliza el martillo para llevar a cabo el trabajo.	Mostrar a los clientes que la herramienta es la adecuada.

Tot collapse >	0.10	0/86619	0%
Cell squish >	0.90	0/86619	0%
Length <	1.50	25934/86619	29.9%
Length >	4	1599/86619	1.8%
Jacobian >	0.7	0/86619	0%
Equip skew >	0.9	0/86619	0%
Vol skew >	0.950	0/86619	0%
Vol Ar >	3	0/86619	0%

Las restricciones fueron colocadas mediante el uso de elementos rígidos (RBE2) en los agujeros más lejanos, debido que en esta posición la herramienta es más propensa a fallar. La colocación tanto de las fuerzas como restricciones simulan el funcionamiento real de la herramienta (Figura 6).

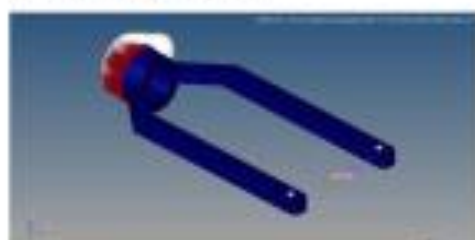


Figura 6 - Cargas y restricciones en herramienta. [7]

El resultado obtenido a través de programa de análisis elementos finitos se obtiene una fuerza máxima admisible de 14 KN, llegando la herramienta a su esfuerzo máximo de 220 Mpa (Figura 7).

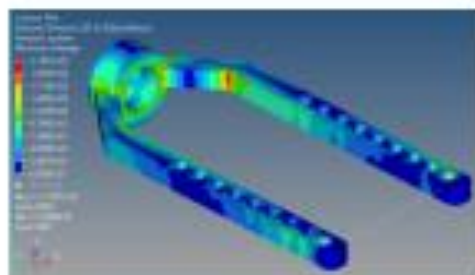


Figura 7 - Análisis de esfuerzo. [7]

## 2.2 Rediseño de extractor de juntas homocinéticas.

Se realizó el rediseño de la herramienta extractora de juntas homocinéticas tomando en cuenta las falencias y los puntos críticos como acumuladores de esfuerzos de la herramienta existente en el mercado (Figura 8).



Figura 8 - Diseño estructural de juntas homocinéticas. [7]

## 3. Simulación y validación del diseño mediante software de elementos finitos.

La herramienta ha sido analizada en programa de análisis de elementos finitos y se revisó la calidad de los elementos para así obtener resultados más precisos (Tabla V y VI).

Tabla V - Propiedades de los elementos finitos del modelo modificado [7]

Número de elementos finitos	227582
Tipo de elementos finitos	Tetraédricos de primer orden

Tabla VI - Calidad de los elementos finitos del modelo modificado [7]

Warpaje >	5	0/227582	0%
Aspect >	5	0/227582	0%
Skew >	60	0/227582	0%
Tot collapse >	0.10	0/227582	0%
Cell squish >	0.90	0/227582	0%
Length <	1.50	86458/227582	38%
Length >	4	5052/227582	2.2%
Jacobian >	0.7	0/227582	0%
Equip skew >	0.9	0/227582	0%
Vol skew >	0.950	0/227582	0%
Vol Ar >	5	4/227582	0%

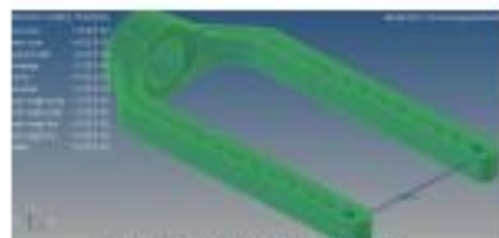


Figura 9 - Análisis de elementos. [7]

## 3.1 Fuerzas y restricciones en el extractor de juntas homocinéticas.

Para realizar la simulación del diseño propuesto se colocaron las cargas y restricciones en los



mismos lugares que en la herramienta de la competencia (Figura 10).

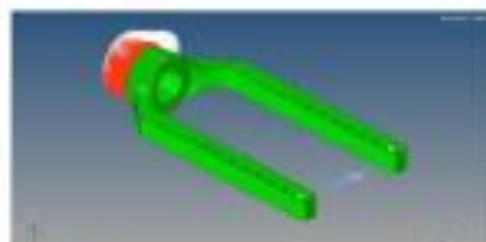


Figura 10 - Fuerzas y restricciones. [7]

### 3.2. Resultados de esfuerzos y desplazamiento.

El resultado del análisis: desplazamiento máximo de 0.0027 mm (Figura 11), y un esfuerzo máximo de 148 MPa (Figura 12).

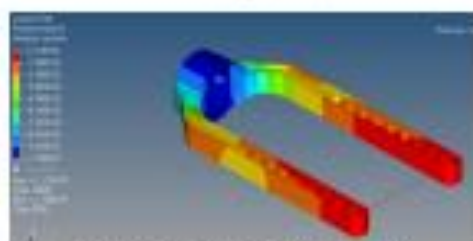


Figura 11 - Desplazamiento máximo. [7]

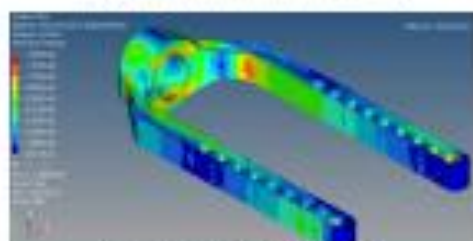


Figura 12 - Esfuerzo máximo. [7]

En donde el factor de seguridad es:

$$\eta = \frac{220 \text{ Mpa}}{148 \text{ Mpa}}$$

$$\eta = 1.49$$

En los resultados obtenidos por el programa se puede observar una deformación mínima y un valor de esfuerzo por debajo del valor admisible del material, lo cual nos permite hacer una comparación con la herramienta existente en el mercado (Tabla VII).

Tabla VII - Resultados.

	Competencia	Propuesto	Unid.
Desplazamiento.	0.00401	0.002173	mm
Esfuerzo	220	148	MPa
Fuerza Mox.	14000	18381	N

Para la obtención del torque en la rosca a partir de la fuerza máxima aplicada, se realizó el cálculo con la siguiente fórmula. [9]

$$T = KFd$$

Dónde:

- $T$  → par de torsión
- $K$  → coeficiente del par de torsión
- $F$  → fuerza máxima aplicada
- $d$  → diámetro

El coeficiente del par de torsión se calculó con la siguiente fórmula. [9]

$$K = \left( \frac{d_m}{2d} \right) + \left( \frac{\tan \lambda + f \sec \alpha}{1 - f \tan \lambda \sec \alpha} \right) + 0.625 f_c$$

Dónde:

- $K$  → coeficiente del par torsión
- $d_m$  → diámetro medio
- $d$  → diámetro
- $f$  → coeficiente de fricción ( $f = f_c = 0.15$ )
- $Z\alpha$  → ángulo de la rosca ( $60^\circ$ ) [10]
- $\lambda$  → ángulo de avance de la rosca

El ángulo de avance se obtiene de la siguiente fórmula.

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{l}{\pi d_m N}$$

Dónde:

- $\lambda$  → ángulo de avance
- $l$  → ancho de la rosca
- $d_m$  → diámetro medio
- $N$  → número de roscas por pulgada

Las dimensiones de la rosca de la junta homocinética en el lado de la rueda son: M24 x 1.5. [11]

El torque aproximado en la rosca es de 67.2 N·m.

**B) Selección de materia prima necesaria para producir extractores de juntas homocinéticas.**

**1. Materiales que se adapten a las necesidades del producto.**

En el país existen muchos proveedores de acero para la construcción de extractores de juntas homocinéticas, los cuales cuentan con sucursales a nivel nacional por consiguiente una respuesta inmediata ante las demandas de material. Se investigó en diferentes distribuidores sobre los aceros que tienen en stock (Tabla VIII).

Tabla VIII – Materiales requeridos para fabricación de extractores de juntas homocinéticas.

Materiales	Cantidad
EF18200 E.A.C.FRÍO 2(15.9107 KG/MT)* tubo de 6 metros	1
Estriba varilla 8 mm 20x20	1

Según los resultados obtenidos se propone trabajar con un eje de acero 1018 laminado en frío de diámetro 2 pulgadas, debido a su facilidad de mecanizado y conformado. [8]

**C) Planteamiento de proceso de producción.**

A continuación, se plantea los procesos a seguir para la obtención de la herramienta extractora de juntas homocinética, considerando como más importantes el establecimiento del diseño, análisis estructural, selección del material, analizar máquinas necesarias para la producción, realizar el cálculo financiero, construcción de la herramienta y como paso final la venta del producto (Figura 13).



Figura 13 - Proceso de caracterización. [7]

**1. Etapa analítica**

**1.1. Proceso de producción**

Con la frecuencia que sea necesario se produce una pequeña cantidad de productos idénticos. Podría considerarse como un proceso de producción intensivo en mano de obra, pero no suele ser así, ya que lo habitual es incorporar patrones o plantillas que simplifican la ejecución. Las máquinas se pueden cambiar fácilmente para producir un lote de un producto diferente, si se plantea la necesidad. [12]

De acuerdo con las necesidades que se tienen para la producción del extractor de juntas homocinéticas tenemos el siguiente listado de máquinas a utilizar en la (Tabla IX).

Tabla IX - Maquinaria

Maquinaria necesaria
Presadora
Martillo para forja
Horno
Pulidora
Dobladora
Compresor

**2. Etapa de síntesis**

La etapa de síntesis se la realizó mediante el uso de encuestas a los potenciales compradores como; talleres mecánicos, casas comerciales, equipos de abasto automovilístico.

Para la obtención del número de encuestas necesarias se realizó el cálculo con la siguiente fórmula. [13]

$$n = \frac{N + z^2 + p + q}{e^2 + (N - 1) + z^2 + p + q}$$

Dónde:

- $n$  → es el número de encuestas
- $N$  → es tamaño de la población
- $z$  → es el nivel de confianza 95%
- $p$  → probabilidad de éxito 50%
- $q$  → probabilidad de fracaso 50 %
- $e$  → error máximo admisible 6%

$$n = \frac{2356 + 1.96^2 + 0.5 + 0.5}{0.06^2 + (2356 - 1) + 1.96^2 + 0.5 + 0.5}$$

**n = 265**

Con datos de estudios obtenidos anteriormente tenemos que a nivel nacional existen 29068 establecimientos económicos dedicados a actividades de comercio automotriz, de los

cuales el 70% corresponden a establecimientos que realizan mantenimiento y reparación de vehículos automotores, mientras que el 30% restante se dedica a la venta de partes, piezas y accesorios de vehículos automotores. En la provincia del Azuay se tiene 2356 establecimientos de los cuales 1649 se dedican al mantenimiento automotriz. [15]

Realizando el número de encuestas calculadas, se llegó a obtener los siguientes resultados.

El 94% de las personas encuestadas conoce sobre la herramienta para extraer juntas homocinéticas (Gráfico 1).

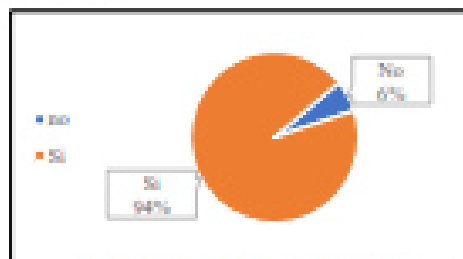


Gráfico 1 - Conoce la herramienta. [7]

En cuanto a si estarían dispuestos a adquirir una herramienta producida nacionalmente el 89% de las personas dijeron que "sí" (Gráfico 2).

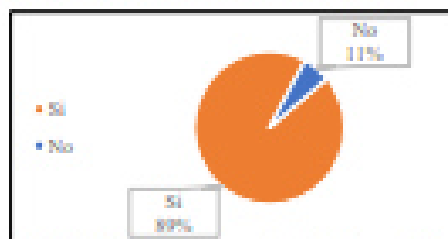


Gráfico 2 - Acogida del producto a fabricarse. [7]

En lo referente a los valores propuestos, se consideró el coste de materia prima y un margen de ganancia para la empresa que nos permite competir con una herramienta de calidad y alta fiabilidad.

Con los datos obtenidos tenemos que el 58% de los encuestados está de acuerdo con el valor de \$100 - \$115 (Gráfico 3).

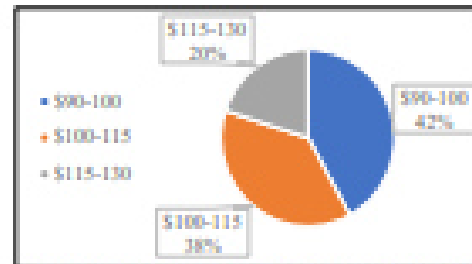


Gráfico 3 - Precio establecido de la herramienta. [7]

Así mismo el 72% desean realizar la adquisición de la herramienta a través de internet.

En base a los resultados obtenidos a través de los encuestados, se garantiza una demanda del producto.

En cuanto a la economía de la empresa se ha planteado vender 1550 herramientas en el primer año para cubrir la provincia del Azuay a \$115,00 cada una.

Para la determinación del valor de producción del producto se tomó en cuenta el costo de la materia prima (Tablas X).

Tabla X - Contracción de materia prima. [7]

Cotización de materia prima		
Materia prima	Cantidad	Valor
Eje de transmisión	1	\$13.78
<b>Total</b>		<b>\$13.78</b>

\$13.78 es el costo de materia prima para un extractor de juntas homocinéticas. Con la materia prima establecida se realiza el análisis para el proceso de producción con el costo de las diferentes máquinas a adquirir (Tabla XI).

Tabla XI - Cotización de máquinas herramienta. [7]

Costos de máquinas herramientas	
Máquina	Valor
Freidora	\$5.000,00
Horno	\$60.000,00
Martillo para forja	\$1.500.000,00
Polidora	\$5.000,00
Dobladora	\$10.000,00
Compresor	\$300,00
<b>Total</b>	<b>\$1.580.500,00</b>

Debido a las características que tiene el forjado, como la capacidad de producir una amplia variedad de partes estructurales con alta resistencia, tenacidad, precisión dimensional y confiabilidad en el servicio.

El presente estudio analizó la posibilidad de producir la herramienta extractora de juntas homocinéticas mediante este proceso, analizando el costo del forjado que implica diversos factores: según la complejidad del forjado, los costos de herramientas y matrices van de moderados a extensos, sin embargo, como en otras operaciones de fabricación. Este costo se distribuye entre la cantidad de partes forjadas con el conjunto de matrices en particular, por lo tanto, aunque el costo del material de cada pieza de trabajo permanece constante, los costos por pieza del montaje y del herramienta disminuyen al aumentar la cantidad de forjas, así como se muestra en la Figura 14. [15]

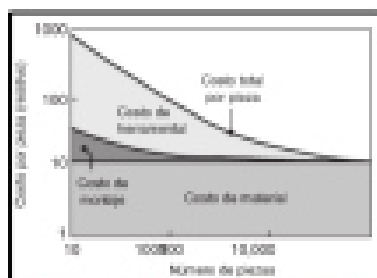


Figura 14 - Costo característico de pieza por forjado. [11]

### 3. Etapa de acondicionamiento

De acuerdo al análisis del mercado se optó por realizar la compra de un eje de transmisión AISI 1018 con medidas de 6000 mm x 2 in.

El VAN y el TIR son dos herramientas para calcular la viabilidad de un proyecto empresarial, independiente de sus características o área de desempeño. En este estudio los factores que se tomaron en cuenta fueron: inversiones de equipos, maquinaria, gastos y costos tanto de la materia prima como del proceso de producción. [16]

### III. Resultados y Discusiones.

Los indicadores obtenidos no son alentadores, debido a que el número de piezas que se planea construir está por debajo de los valores recomendados para que la forja sea viable. El TIR obtenido es de -16.48%, muestran que la fabricación de la herramienta extractora de juntas homocinéticas mediante forjado no es factible económicamente, debido a que, si el TIR es alto, supone un retorno de la inversión equiparable a

unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado. Sin embargo, en este caso el TIR es bajo, lo cual indica que debemos encontrar otro destino para nuestra inversión.

El costo de fabricación de una pieza será diferente según su proceso de fabricación y cantidad de unidades; para grandes cantidades la forja será la mejor opción, mientras que para un número inferior a 20000 piezas resulta más económico otro proceso como maquinado, entre otros (Figura 15). [15]

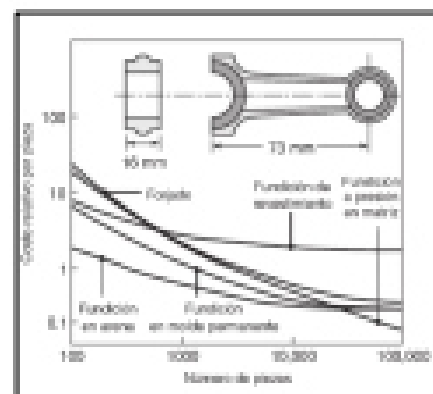


Figura 15- Costo unitarios entre diferentes procesos de fabricación. [11]

Como una alternativa y de acuerdo a la producción y al mercado local; se plantea la producción mediante proceso de maquinado. En la Tabla XII, se muestra la cotización de la materia prima.

En la tabla XIII se describe el proceso con su respectivo costo, para fabricar la herramienta.

Tabla XII - Materia prima. [7]

Cotización de materia prima			
Materia prima	Cantidad	Valor Unit.	Total
Plancha	2	\$2.30	\$4.60
Eje	1	\$1.02	\$1.02
Total			\$5.62

Tabla XIII - Inversión en máquinas herramienta. [7]

Costos de Maquinaria	
Máquina	Valor
Soldadora	\$ 10
Corte plasma	\$ 3
Corredora	\$ 2
Tratamiento	\$ 10
Insomos	\$ 20
Materia prima	\$5.62
<b>Total</b>	<b>\$37.62</b>

Con la ayuda de los indicadores económicos TIR y VAN, para calcular la factibilidad del proyecto mediante el proceso de maquinado, se obtiene los siguientes datos (Tabla XIV).

Tabla XIV - Indicadores. [7]

<i>Inversión</i>	322.280,43
<i>Capital de trabajo</i>	3.5.181,39
<i>Tasa circulante</i>	4,33
<i>Prueba acida</i>	4,18
<i>Tasa de deuda</i>	0,47
<i>Rentabilidad sobre ventas</i>	37,54%
<i>Rentabilidad económica</i>	283,77%
<i>Rentabilidad financiera</i>	82,37%
<i>VAN</i>	327.689,89
<i>TIR</i>	84,17%

El TIR es del 84,17% considerablemente alto lo que quiere decir que estamos ante un proyecto empresarial rentable.

Con el nuevo estudio se plantea un nuevo diseño que cumplan con estos requerimientos.

Para realizar la simulación del diseño propuesto se colocaron las cargas y restricciones en los mismos lugares que en la herramienta diseñada anteriormente. (Figura 16).

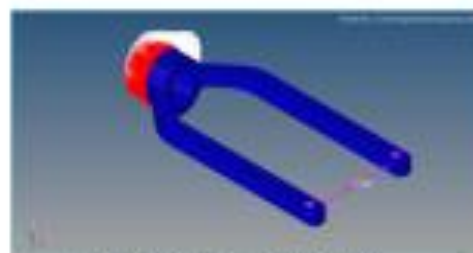


Figura 16 - Fuerzas y restricciones. [7]

### 3.3. Resultados de esfuerzos y desplazamiento.

El resultado del análisis: desplazamiento máximo de 0.0062 mm (Figura 17), y un esfuerzo máximo de 178 MPa (Figura 18).

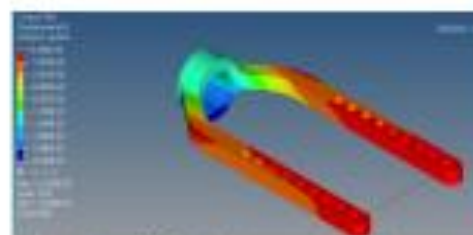


Figura 17- Desplazamiento máximo. [7]

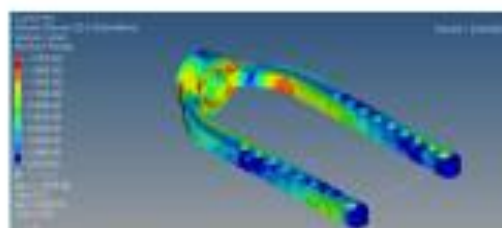


Figura 18 - Esfuerzo máximo. [7]

En donde el factor de seguridad es:

$$\eta = \frac{220 \text{ Mpa}}{178 \text{ Mpa}}$$

$$\eta = 1,24$$

Con los resultados obtenidos de el análisis de soldadura, se determinó usar un electrodo E70xx y un cordón de 5 mm de espesor obteniendo esfuerzos inferiores a los admisibles. (Tabla XVI)

Tabla XV - Análisis soldadura. [8]

Cargas	
Fuerza Axial	14000 N
Momento flector	245 N.m
Cotas	
Espesor de cordón	5 mm
Distancia entre cordones	13.5 mm
Largo de cordón	24 mm
Electrodo E70XX	
Límite de elasticidad	390 Mpa
Resistencia a la tracción	480 Mpa
Tensión admitida	156 Mpa

Resultados	
T <sub>A</sub>	156.000 MPa
A <sub>min</sub>	1.890 mm
T	58.333 MPa
F <sub>max</sub>	37440.000 N

Figura 19- Resultados de corte máximo.

Resultados	
T <sub>A</sub>	156.000 MPa
A <sub>min</sub>	3.950 mm
T	122.620 MPa
M <sub>max</sub>	254.430 N m

Figura 20 - Resultados de esfuerzos por tensión.

De acuerdo con el nuevo análisis del mercado se optaría por realizar la compra de la plancha de acero con las siguientes medidas 6m x 1.5m de espesor de 20 mm y eje de acero al carbono AISI 1018 de 6m de largo y de diámetro externo de 50mm e interno de 30mm.

Con estos precios y gastos se presenta una nueva economía de la empresa, lo que demuestra que es posible vender 1550 extractores de juntas homocinéticas anualmente a \$115.00 cada una.

Con la optimización de materia prima tenemos una producción de 433 extractores. Para el primer lote se tiene una inversión de \$ 25,347.46 que consta de materiales y ensamble para las 433 herramientas. La empresa generará ventas de \$49,795.00 en su primer lote de venta recuperando la inversión inicial y con una utilidad aproximada del 50%, haciendo rentable este proceso.

#### IV. Conclusiones

- Al hacer la simulación computacional de los esfuerzos que soportan la herramienta de la competencia se determinó, que soporta una carga máxima de 14 kN, como una opción para mejorar su funcionamiento y debido a que su funcionamiento exige seguridad y soportar altas cargas, ya que muchas veces las juntas de eje se traban se realiza un rediseño reforzando las zonas donde se concentra la mayor cantidad de esfuerzos, obteniendo así un factor de seguridad de 1.49 para forja y 1.24 para mecanizado
- El extractor de juntas homocinéticas se analizó con una fuerza de 14 kN, aplicándola sobre la parte superior de la herramienta que es donde la tuerca la aplica al momento del apriete, esta fuerza es la máxima que soportan las herramientas existentes en el mercado, de esta manera se obtuvo un diseño en forja y maquinado que soporta 1.32 y 1.19 veces más respectivamente la fuerza de la herramienta de la competencia.
- Según los resultados obtenidos en el programa de análisis por elementos finitos el material que mejores propiedades físicas y mejor se adapta al proceso de fabricación por forja es un eje de transmisión AISI 1018 de 2 in de diámetro.
- Con el análisis de resultados de las encuestas realizadas el 94% de los encuestados está dispuesto a pagar el valor propuesto de \$115.00, que brinda grandes posibilidades de competir en el mercado, en el caso de esta herramienta es importada cuyo precio bordea los \$120 o más.
- El mercado nacional no es suficiente para satisfacer la producción de herramientas debido a que el proceso de fabricación por forja es viable con un número mayor a 100000 unidades y para que el valor de fabricación con respecto a otros métodos disminuya se recomienda producir un número mayor a 20000, fig. 15, por lo tanto, para conseguir viabilidad en la implementación de la forja se debe buscar mercado fuera del país.
- La herramienta se debe construir mediante procesos de maquinado, el cual nos da un punto de equilibrio en 450 piezas, mediante que por forja el punto de equilibrio esta en 120000 piezas, el cual es un valor muy elevado para el mercado que se está analizando
- Debido a que no se encontró viabilidad en el proceso de forja a nivel local, se propuso el proceso de manufactura por mecanizado el cual, realizando los estudios económicos respectivos, el indicador TIR nos dice que la empresa es 84.17% rentable.
- El proceso de manufactura por forja es el que mejores prestaciones mecánicas brinda a la herramienta, referente a esto debe evaluar el diseño existente en el mercado y optar por nuevas características que se acopte al proceso de mecanizado para brindar una mejor calidad y fiabilidad a la herramienta.
- Como el eje es laminado en frío debe considerarse tratamiento térmico para aliviar esfuerzos residuales. Para lograr aliviar esos esfuerzos y endurecer la herramienta, se opta por un temple, a continuación, se citan las especificaciones para el acero AISI 1018. [8]
  - Forja: 1180° – 1230°C, enfriar en aire.
  - Templado y Revenido:
    1. Cementar entre 900° – 930°C, por 8 horas.
    2. Enfriar empaquetado.

**7.10. Anexo10: E. Novay, «Optimización en el proceso de fabricación por impresión 3d de la manija del elevador de vidrios,» 2020.**

## **UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Industrial y de Procesos

Optimización en el proceso de fabricación por impresión 3d de la manija del elevador de vidrios  
del vehículo Chevrolet aveo family para la mejora de propiedades mecánicas y térmicas

Ember Geovanny Zumba Novay

Nota del autor

Ember Geovanny Zumba Novay, Facultad de Ingeniería Arquitectura e Ingeniería, Universidad  
Internacional SEK

Directora Ing. Diana Belén Peralta Zurita, M.Sc. Cualquier correspondencia concerniente a este  
trabajo puede dirigirse a:

[egzamba.mdin@uissek.edu.ec](mailto:egzamba.mdin@uissek.edu.ec)

## **Impresión 3D de la manija del elevador de vidrio**

### **Resumen**

La industria automotriz luego de la declaratoria de pandemia por parte de la Organización Mundial de la Salud se ha visto afectado en las importaciones de partes y repuestos de vehículos, por esta razón la presente investigación tiene como objetivo brindar una alternativa de solución a través de la impresión en 3D de la manija del elevador de vidrio, misma que es evaluada en el software Inspire donde se verificó sus propiedades mecánicas y térmicas previo a su impresión.

Por esta razón antes de la validación se realiza el diseño de la manija del elevador de vidrios en el software Inventor, luego se procede a simular la optimización en el software Inspire y su respectivo análisis del comportamiento mecánico y térmico, el estudio está basado en la aplicación del método de entropía, método de resultados estándar, método de variación estadística, método multicriterios y el método copras, con los materiales seleccionados como las mejores alternativas para reemplazar al original entre ellos tenemos el PLA, PC y PVC. Como conclusión de la investigación se puede mencionar que el material más apto para reemplazar al original es el PLA debido a que cuenta con excelentes características mecánicas, físicas y térmicas. Mediante Inspire se pudo cambiar el diseño original de la manija obteniendo una propuesta optimizada cuyo peso 2.7% menor, además el tiempo de impresión 3D se reduce 8.3% en comparación al modelo original, el análisis del comportamiento mecánico indica que la carga que produce tensión genera 3.3% menos en el valor del esfuerzo de Von Mises, sin embargo, en las cargas de flexión se incrementa el esfuerzo un 17.3%. Con el presente estudio se puede mencionar que el material alternativo PLA, es ideal para sustituir al original ABC-PC, los



En el país se registraron las siguientes importaciones de materiales.

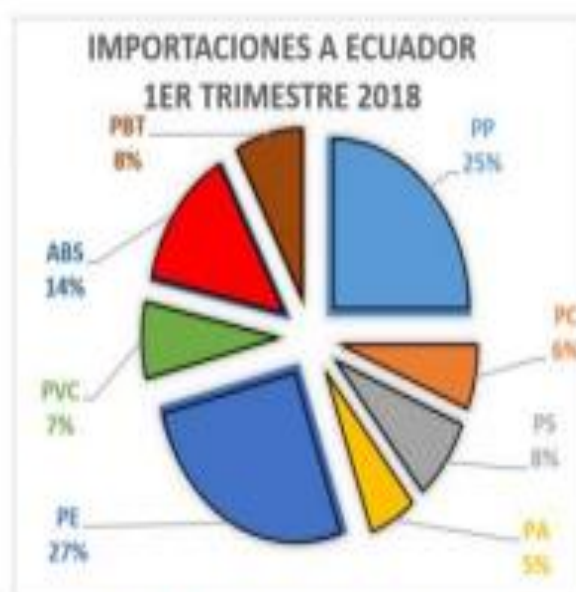


Figura 6 Importaciones al país enero, febrero y marzo 2018  
Fuente: (SENAE-SENAE-2018-0082-RE – Servicio Nacional de Aduana Del Ecuador)

La Tabla 10 resume la cantidad en toneladas de material importado al país.

**Tabla 10 Cantidad de Material Importado**

Cantidad de Material Importado	
Polipropileno (PP)	12600 Ton
Policarbonato (PC)	3100 Ton
Poliestireno (PS)	3950 Ton
Poliamida (PA)	2800 Ton
Poliétileno (PE)	13400 Ton
Policloruro de Vinilo (PVC)	3650 Ton
Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	6875 Ton
Tereftalato de polibuteno (PBT)	4025 Ton

Fuente:(SENAE-SENAE-2018-0082-RE – Servicio Nacional de Aduana Del Ecuador)

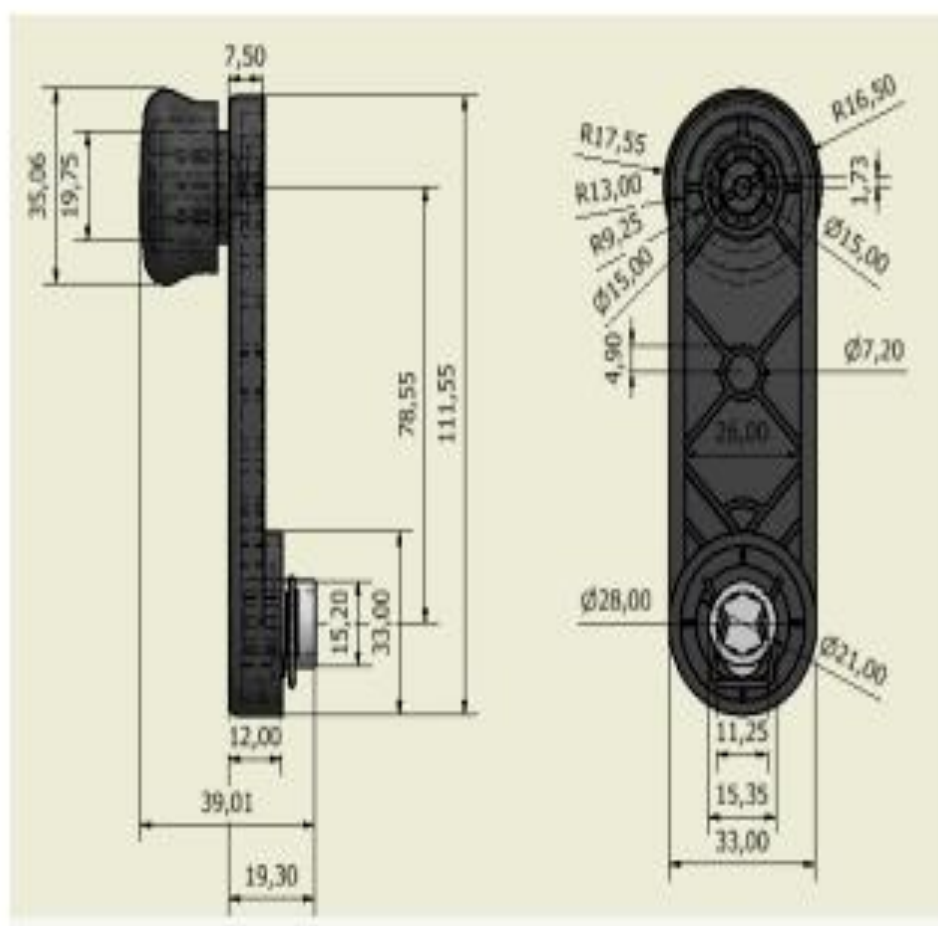


Figura 19 Diseño de la manija del elevador de vidrio para el vehículo chevrolet aveo family

### Simulación de Impresión 3D con Material PLA

Para realizar la simulación de la manija del elevador de vidrio del vehículo chevrolet aveo family se realizó el modelado en 3D como se planteó en la propuesta de estudio, donde se mencionó que se ejecutaría una solución a través de la impresión 3D con el material seleccionado como ganador (PLA) que es elegido como material alternativo ya que cumple y presenta mejores propiedades mecánicas y térmicas entre las opciones planteadas.

La simulación 3D de la manija del elevador de vidrios del Vehículo Chevrolet Aveo Family se realiza en el Software Cura versión 4.6.1 (Cura)

### Importación de elementos a imprimir

Con la importación de la geometría a imprimir es importante su adecuada ubicación en la cama virtual de la impresora, considerando que es un proceso por deposición de material fundido, en lo posible se debe lograr que la mayor cantidad de la superficie de las piezas deben estar asentadas para evitar el excesivo uso de soportes.

El proceso de impresión se llevó a cabo en dos partes, una que correspondiente a la impresión de la parte media optimizada de la manija Figura 20 y la otra que abarca la base y empuñadura Figura 21

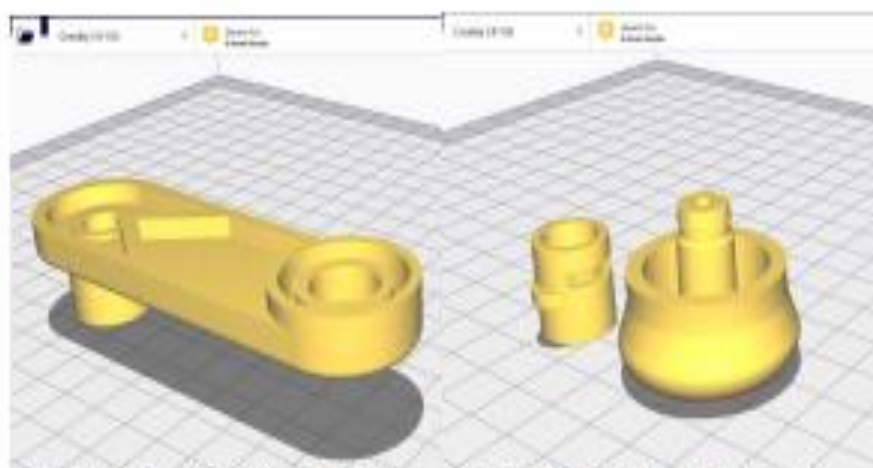


Figura 20 Parte media optimizada de la manija

Figura 21 Base y empuñadura de la manija

En las figuras presentadas anteriormente se muestra la interfaz del software donde es posible observar el área de impresión disponible después que se ha seleccionado el tipo de impresora, en este caso corresponde a una Creality CR-10S, la selección del PLA y la boquilla de

0.4mm que se emplearán en el presente trabajo, además las geometrías fueron rotadas y posicionadas convenientemente.

### Generación de soportes

La Figura 22 representa una vista inferior de los elementos colocados sobre la cama de impresión, el software muestra en color rojo las superficies donde deben ir necesariamente soportes.



Figura 22 Vista inferior de los elementos a imprimir

La generación de soportes ha sido configurada de tal manera que se generen automáticamente en las superficies que tengan una inclinación menor a 45 grados.

### Parámetros de impresión 3D de la manija

Se ha establecido una calidad dinámica de impresión con lo cual se generaron capas de 0.16mm de altura, además la capa inicial y final fueron definidas de 0.84mm de espesor.

De acuerdo al estudio realizado por (Álvarez, Lagos, & Aizpán, 2016) existe un mejor comportamiento mecánico a la tracción de los elementos impresos en 3D cuando tienen un 100% de relleno, por otro lado en el trabajo desarrollado por (Calle, 2016) hace referencia a piezas impresas en 3D sometidas a cargas de flexión, llega a la conclusión que se obtienen mejores resultados con un 100% de relleno y de tipo panal de abeja, tomando en cuenta estas

consideraciones, como se observa en la Figura 23, los parámetros del porcentaje y tipo de relleno fueron definidos para la impresión de la manija.

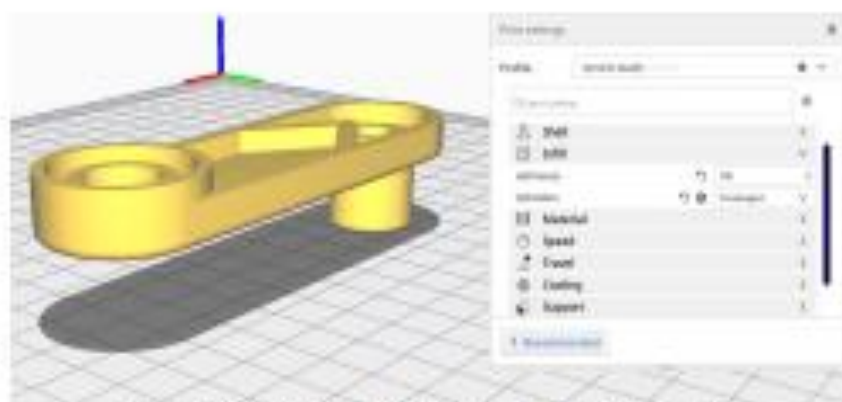


Figura 23 Porcentaje y tipo de relleno para impresión de la manija

Considerando lo recomendado por (Pacheco , 2019), la temperatura del extrusor para fundir el PLA fue establecida en 215°C, la temperatura de la cama en 50°C y la velocidad de impresión en 60mm/s.

La Figura 24 muestra el tipo de relleno empleado para la impresión de la manija optimizada.

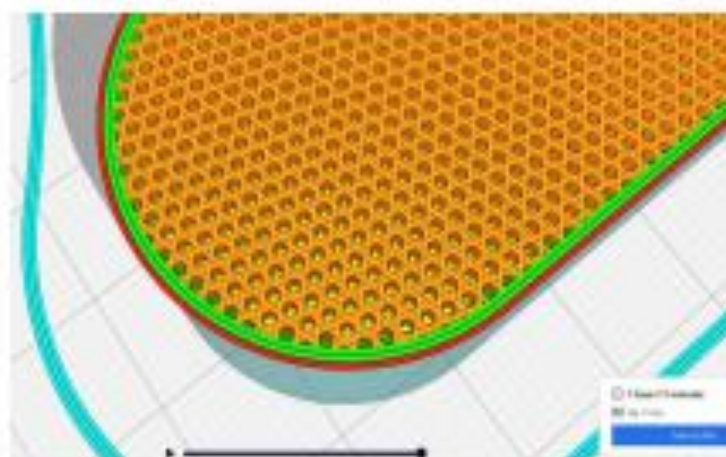


Figura 24 Relleno tipo tri - hexagonal para impresión de la manija

Una vez definidos principalmente estos parámetros se ejecutó la simulación de la impresión, en la Figura 25, Figura 26 es posible visualizar en color azul los soportes que se han

creado y el software a calculado que el proceso se tardará en total 6 horas 49 minutos y se usarán 17.84 metros de PLA.

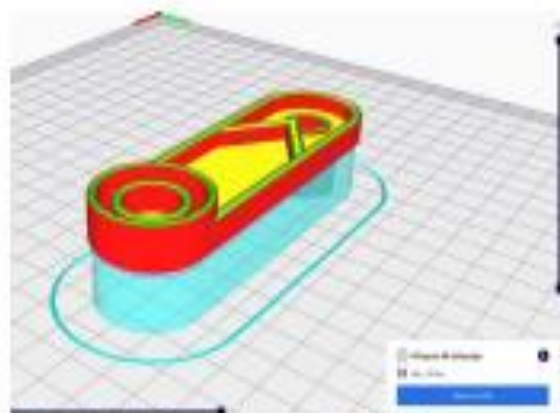


Figura 25 Simulación del proceso de impresión 3D de la parte media de la manija

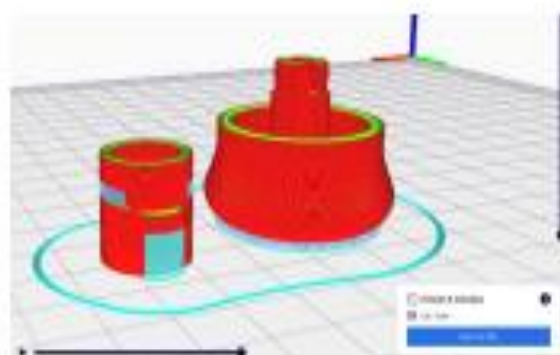


Figura 26 Simulación del proceso de impresión 3D de la base y empuñadura de la manija

Finalmente se generó el código G para iniciar el proceso de impresión 3D.

#### **Pre procesamiento de impresión 3d de la manija de diseño original**

Considerando el empleo de los mismos parámetros de impresión establecidos anteriormente, se planteó la posibilidad de llevar a cabo la impresión 3D de la manija de diseño original usando PLA, de esta manera se inició con la importación y posicionamiento de las geometrías tal como se observa en la Figura 27.

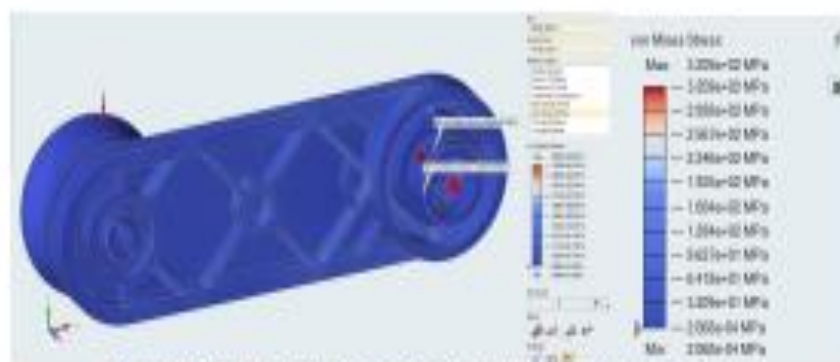


Figura 49 Esfuerzo de Von Mises en la manija original para una carga de 70 kg

En la Fig. 49 mostrada a continuación se muestran los resultados del esfuerzo de Von Mises obtenido en la manija de diseño original donde el valor máximo es de 38.9 MPa ubicado en la parte de los refuerzos de la base como consecuencia de la carga de halar promedio aplicada verticalmente.

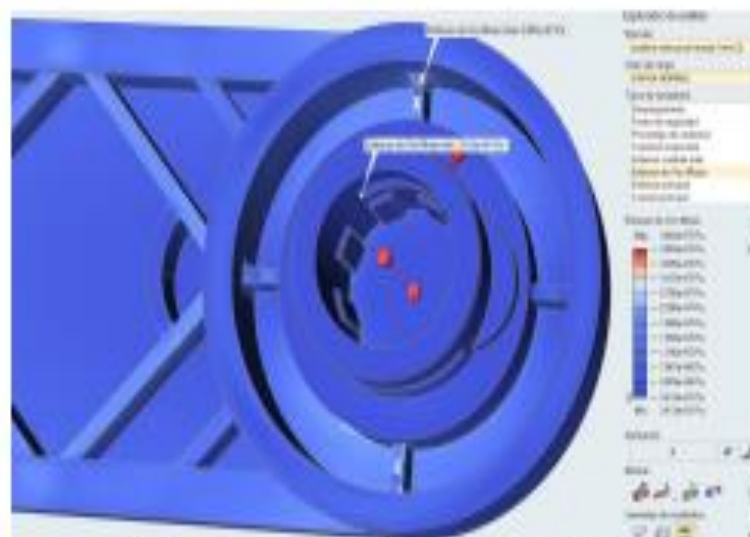


Figura 50 Esfuerzo de Von Mises en manija original para fuerza vertical

En tanto que los resultados del análisis considerando la acción de la fuerza horizontal se pueden ver en la Figura 51, los valores indican un esfuerzo máximo de 39.7 MPa en los refuerzos horizontales de la base de la manija.

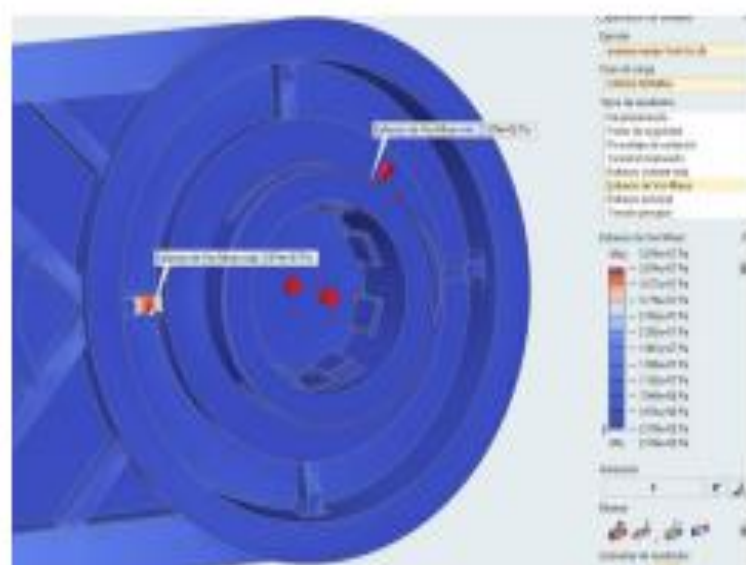


Figura 51 Esfuerzo de Von Mises en manija original para fuerza horizontal

#### Desplazamientos en la manija original

La carga aplicada de 70 kg genera una deformación máxima en la manija de 21.77 mm en la zona de la empuñadura de la manija, en la Figura 52 se pueden observar estos resultados y la distribución de los valores a lo largo de toda la geometría.



Figura 52 Deformación en la manija original a la carga de 70kg

En la Figura 53 (a) se puede observar el desplazamiento máximo que se produce en la manija al aplicar la fuerza de halar horizontal donde muestra un valor de 7 mm, mientras que en





Figura 65 Comparación de materiales PC-ABS, PC, PLA, PVC

En la Fig. 65 comparamos las propiedades y características de los materiales Acrilonitrilo - Butadieno - Estireno y Policarbonato (PC-ABS), Policarbonato (PC), Ácido Poliláctico (PLA), Cloruro de Polivinilo (PVC) existe una comparación en lo que tiene que ver a costos, propiedades físicas, mecánicas y térmicas. Dentro de las características analizamos S/ Kg, Densidad (g/cc), MFI (gr/10min), Resistencia a la tracción (MPa), Elongación a la rotura (%), Módulo elástico en tracción (GPa), Resistencia a la flexión (MPa), Resistencia al impacto (J/M) y Temperatura Vicat (°C)

7.11. Anexos 11: R. R. P. David Velazquillo, «Diseño conceptual de un banco de pruebas para validación de carrocerías,» 2013.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE  
PRUEBAS PARA VALIDACIÓN DE CARROCERIAS**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIEROS MECANICOS**

**P R E S E N T A N :  
DAVID MERCADO VELAZQUILLO  
ROGELIO PERALTA ROLDÁN**



**ASESOR: DR. MARCELO LÓPEZ PARRA**

**MÉXICO 2013**

## INTRODUCCIÓN

Las notables transformaciones en la industria automotriz que se están suscitando en el mundo y en especial en nuestro país, obligan a las empresas a aplicar nuevas modalidades de gestión, imprescindibles no solo para ser competitivas y rentables, sino también para dar una respuesta eficaz a las necesidades de sus clientes, quienes asumen la calidad como una variable fundamental.

En este contexto la valoración del cliente y la permanente búsqueda de la satisfacción de sus necesidades y expectativas, permiten asumir el cambio cultural que es necesario para romper con los paradigmas y afrontar con éxito los actuales y futuros desafíos.

Una de las empresas instaladas en nuestro país que ha trabajado en estos y otros aspectos de calidad e innovación es la empresa Ford Motor Company, la cual es una de las empresas más importantes a nivel mundial. En México, Ford cuenta con tres plantas ubicadas en Hermosillo, Chihuahua y Cuautitlán Estado de México, las cuales actualmente se encuentran en acciones para pasar del quinto al tercer productor más importante para la firma Ford.

La empresa Ford en México representa una de las más importantes en el mercado, ubicando sus modelos insignia entre las siete marcas más comercializadas en nuestro país.

La valoración de la durabilidad se llevará a cabo mediante el conteo de ciclos para cada caso, los cuales Ford estableció en su manual con base en el uso cotidiano que exige el usuario.

El banco de pruebas que se reporta en este trabajo fue diseñado con la visión de ser un equipo funcional para la industria automotriz, en específico un equipo funcional para la empresa Ford México en la planta de Cuautitlán Estado de México, cumpliendo con lo establecido y satisfaciendo la necesidad planteada por la empresa. Este trabajo representa un resultado positivo a la vinculación de la educación universitaria, con la industria en nuestro país.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Plantear el diseño y construcción de un banco de pruebas que cumpla con especificaciones y normas de calidad establecidas por la empresa Ford Motor Company, proyecto que surge por la necesidad de la empresa como parte de su estrategia tecnológica.

Para decidir el material nos auxiliamos del programa Unigraphics NX 8.0, en el cual realizamos análisis por elementos finitos de la estructura, sometiendo a esta a los requerimientos de la prueba, debido al uso en planta en cuanto a transporte y sujeción aunado a las necesidades de modularidad del *frame* por sí mismo.

En cuanto al material decidimos utilizar un acero A36 debido a su aplicación comercial ya que es considerado como un acero estructural.

Por otra parte al realizar nuestro análisis acerca de las exigencias a las que estaría sujeto el material asignado a nuestra aplicación, comprobamos que las características de éste acero son una buena opción para nuestra aplicación aunado a un buen desempeño considerando nuestras necesidades, obteniendo adicionalmente una ventaja económica frente a otro tipo de aceros.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in <sup>3</sup>	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 200 mm
	23 %	23 %	in 50 mm.
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Bulk Modulus	140 GPa	20000 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.28	0.28	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	

Tabla [4.4] Propiedades del acero A36.

Después de seleccionar el material adecuado por sus propiedades, decidimos utilizar perfil tubular rectangular (PTR) para su ensamblado y de una sola medida para favorecer su modularidad.

La primera propuesta fue de un PTR cuadrado de 4 pulgadas con un calibre 14 (1.9 mm), el cual se analizó mediante un FEM sometido a las cargas significativas que presentaría durante la prueba además de carga adicional previendo cargas futuras a disposición del cliente, en un total de 3500 [Kg] obteniendo los siguientes resultados en las Figura [4.17] y [4.18].

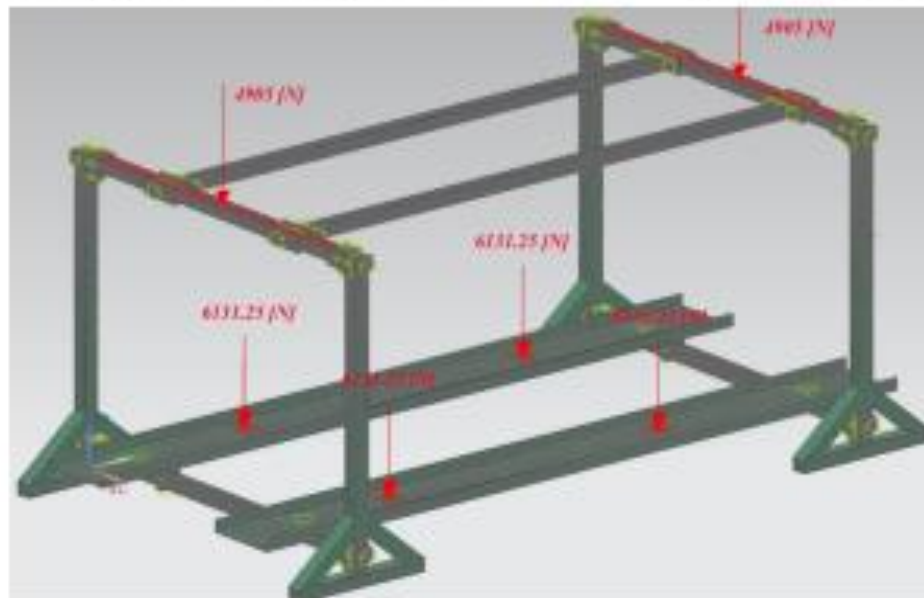
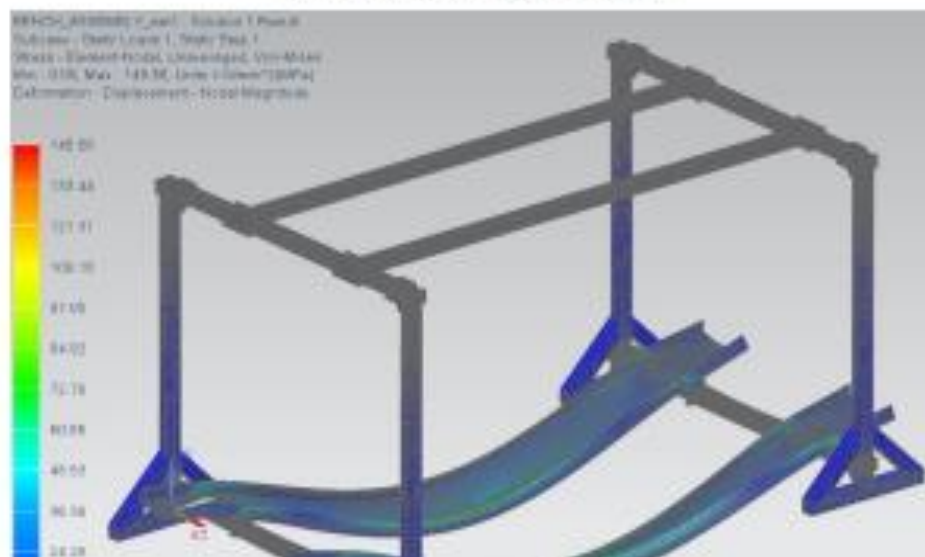


Figura [4.17] Distribución de cargas durante el análisis.



Como se observa en los resultados arrojados por el Método de Elementos Finitos (FEM), la estructura se encuentra muy por encima en sus características mecánicas para nuestra aplicación, esto se sabe comparando básicamente el esfuerzo de cedencia de nuestro material con los resultados obtenidos con los esfuerzos registrados en la prueba. Como observamos en la imagen anterior el máximo esfuerzo registrado es de 145.8 [Mpa] y comparándolo con nuestro material estamos por debajo de su límite de cedencia que es de 250 [Mpa], con este resultado decidimos optimizar aún más el tamaño de nuestro PTR logrando disminuir el peso del banco así como ventajas en costos sin sobrepasar las características del acero y optar por uno más pequeño.

Un problema que se nos presentó es que el programa Unigraphics NX 8.0 al igual que los programas de este tipo se tiene que dibujar primero el modelo para posteriormente realizar un análisis por elementos finitos, lo cual mostraba un problema debido al tiempo que nos llevaba realizar cada iteración para los diferentes tamaños de PTR y calibres que deseábamos someter a prueba, por lo cual nos auxiliamos de un programa realizado en Mathematica 8.0, el cual nos ayuda a calcular la sección transversal de una estructura exigida a distintos requerimientos, la ventaja principal de este programa es que nos ahorra mucho tiempo máquina dándonos resultados confiable al compararlos con los obtenidos en Unigraphics NX 8.0.

Tras correr una serie de pruebas en el programa pudimos darnos cuenta que podíamos seleccionar hasta un perfil de 2 1/2 pulgadas con un calibre de 3/16 sometiendo al material a sus máximas capacidades antes de ser deformado, esto quiere decir que el esfuerzo máximo presentado en

este análisis es 269.326 [MPa] con lo cual estamos superando el esfuerzo de cedencia del material el cual se indica en 250 [MPa], como sabemos que el análisis por elementos finitos es solo una aproximación y en nuestros análisis tomamos casos extremos de carga, consideramos que este perfil puede ser de utilidad para esta aplicación, sin embargo decidimos tomar una medida de PTR por encima de ésta, la cual nos brinda una mayor confiabilidad además de reducirnos el peso del banco alrededor de 1 [Kg] por metro.

En la siguiente tabla se muestran algunos de los resultados principales obtenidos mediante el análisis de elemento finito a distintos tamaños y calibres de PTR del acero A36.

PTR	Esfuerzo Máximo registrado por FEM	Esfuerzo de cedencia del material
4"X4" calibre 14 (1.9 mm)	145.58 [MPa]	250 [MPa]
3 ½" X 3 ½" calibre 14 (1.9 mm)	178.205 [MPa]	250 [MPa]
3"X3" calibre 10 (3.4 mm)	210.83 [MPa]	250 [MPa]
2 ½" X 2 ½" calibre 3/16 (4.8 mm)	269.326 [MPa]	250 [MPa]

Tabla [4.4] Resultados obtenidos mediante FEM a diversos PTR.



Como se observa en la Tabla [4.4] el PTR que mejor cumple nuestras necesidades a nuestra consideración es el PTR cuadrado de tres pulgadas con calibre 10, ya que según nuestros análisis se encuentra en un rango de exigencia aceptable ya que no se encuentra sobrado pero seguimos estando en un margen seguro por debajo del esfuerzo de cedencia indicado por el material con lo cual podemos concluir que esta es la mejor opción para manufacturar la estructura "frame" del banco de pruebas.

En las siguientes figuras se observan los resultados de aplicar un análisis por elementos finitos "FEM" a la estructura "frame" con el PTR seleccionado dados por Unigraphics NX 8.0.

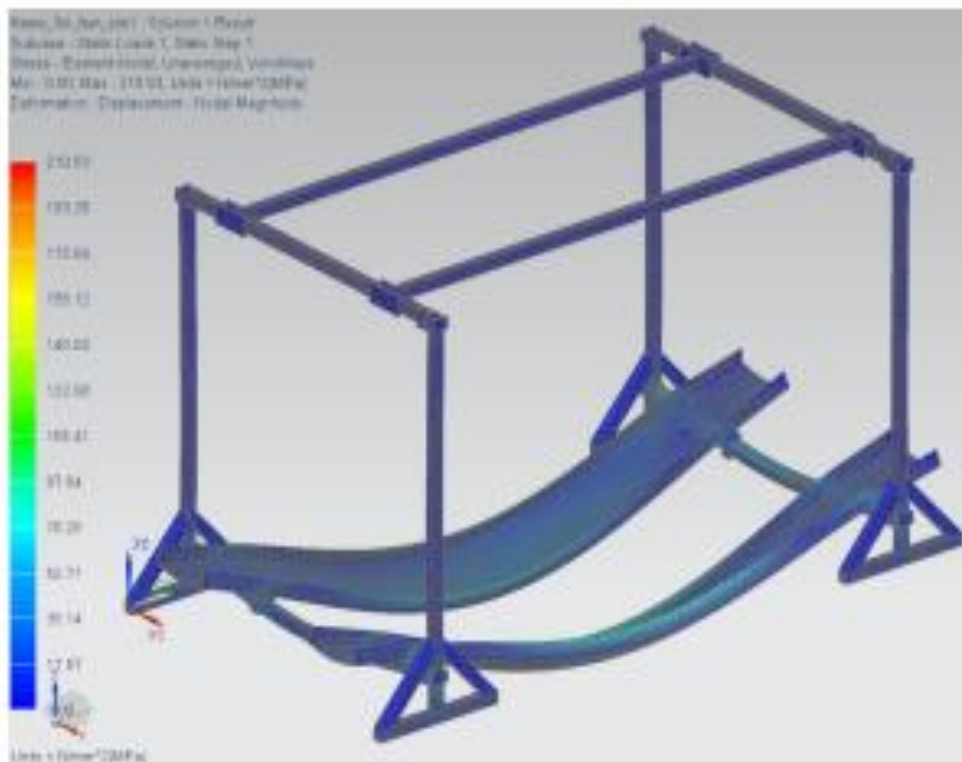


Figura [4.19] Resultados del análisis por elementos finitos del frame con PTR cuadrado de 3" con calibre 10.

7.12. Anexo12: D. G. Edison Arízaga, «Análisis de los sistemas faltantes de seguridad vehicular de la categoría M1 en la norma NTE INEN 034:2019 y una propuesta de mejora,» Febrero 2015.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS FALTANTES DE SEGURIDAD**

**VEHICULAR DE LA CATEGORÍA M1 EN LA NORMA NTE INEN 034:2010 Y**

**UNA PROPUESTA DE MEJORA**

---

Tesis de grado previo a la obtención del título de:

**INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

---

**AUTORES:**

EDISON REINALDO ARÍZAGA CÁCERES

DIEGO PATRICIO GÓMEZ RODRÍGUEZ

**DIRECTOR:**

ING. FABRICIO ESPINOZA M.Sc

CUENCA, FEBRERO 2015

## RESUMEN

En este proyecto se estudió los beneficios e importancia que tienen los sistemas de seguridad activa, pasiva y terciaria en el vehículo, a partir del cual se realizó un análisis de las estadísticas efectuadas por las organizaciones ecuatorianas encaminadas a planificar, regular y controlar la gestión del transporte terrestre tránsito y seguridad vial en el territorio nacional.

También se analizó los requisitos existentes en reglamento RTE INEN 034 referente a los vehículos de la categoría M1.

Los análisis mostraron una deficiencia en cuanto a la seguridad del vehículo, en el parque automotor ecuatoriano.

Se prosiguió a analizar los requisitos sobre seguridad activa, pasiva y terciaria de los reglamentos internacionales como la United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) y el Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS). El cual determinó que el RTE INEN 034, carecía de ciertos requisitos importantes en la seguridad del vehículo automotor.

Se finalizó con una propuesta de modificatoria al RTE INEN 034 incluyendo los requisitos faltantes que mejoran la seguridad del vehículo automóvil.

**Palabras clave:** Seguridad Activa, Pasiva, Terciaria, Reglamento Técnico.

### **1.3 Sistemas de seguridad vehicular**

Los sistemas de seguridad vehicular son elementos o sistemas del vehículo automóvil que se encargan de aumentar la seguridad y salvaguardar la integridad física de los ocupantes, antes, durante y después de que sucede un accidente de tránsito y en caso de producirse tiene la finalidad de minimizar sus daños sobre los ocupantes.

Para estudiar las consecuencias que tiene un accidente (por ejemplo la deformación de la carrocería), los fabricantes de vehículos realizan pruebas con dummies para ver la protección que brindan a los ocupantes durante una colisión, además colocan sensores para indicar el impacto del cuerpo logrando simular lo más real posible y así saber su comportamiento ante un accidente de tránsito.

Se debe tener en cuenta que las causas de un accidente no son solo por fallas o carencias de los sistemas de seguridad, en la mayoría cuenta el factor humano. A continuación los dispositivos de seguridad pueden clasificarse en:

- Seguridad Activa.
- Seguridad Pasiva.
- Seguridad Terciaria.

### **1.3.1 Seguridad activa**

La finalidad de la seguridad activa es prever situaciones de peligro, reduciendo la probabilidad de sufrir un accidente, ayudando a optimizar su funcionamiento así como también dotándolo de mayores prestaciones. Además intervienen directamente en la conducción, permitiendo el funcionamiento normal de vehículo durante su desplazamiento.

Los sistemas de seguridad activa son:

#### **1.3.1.1 Sistemas de Iluminación**

Son elementos que se encuentran colocados en la parte delantera, trasera y lateral del automóvil cuyo objetivo es mejorar las condiciones de habilidad para el conductor en la noche, niebla o lluvia y cuando el vehículo está en movimiento, estos dispositivos indican las intenciones del conductor (cambio de carril, etc.). De aquí tenemos la siguiente clasificación:

##### **a) Visibilidad**

- Parabrisas sin impedimentos de visualización
- Visibilidad posterior, especialmente con visión directa y no por medio de retrovisores.

##### **b) Alumbrado del vehículo**

- Lámparas de xenón y faros direccionales.
- Faros direccionales.
- Masificación de luz antiniebla.

## CAPITULO II

### NORMAS QUE REGULAN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD VEHICULAR

#### 2.1 Introducción

Es necesario tener en claro el significado de Reglamento Técnico y Norma por ello se da a conocer sus definiciones:

**Norma.-** Es el documento elaborado por el INEN, oficializado por el Ministerio de Industrias y Productividad, entre los que se encuentran normas técnicas, códigos de práctica, guías de práctica y otras publicaciones, que proporcionan reglas, instrucciones o características para las actividades o sus resultados, los cuales son de carácter voluntario.<sup>2</sup>

**Reglamento.-** Los reglamentos técnicos son documentos en los que se establecen las características de un producto o servicio, o los procesos y métodos de producción con ellas relacionados, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables, y cuya observancia es obligatoria.<sup>2</sup>

**Diferencia.-** Según la OMC la diferencia entre una norma y un reglamento técnico reside en la observancia. Mientras que la conformidad con las normas es voluntaria, los reglamentos técnicos son de carácter obligatorio.

---

<sup>2</sup> INEN. (2015). Dirección Técnica de Normalización. Recuperado de:  
<http://www.normalizacion.gob.ec/programas-y-servicios/direccion-tecnica-de-reglamentacion/direccion-tecnica-de-reglamentacion/gestion-tecnica-de-normalizacion/fiqp/>

## **2.2 Normativas internacionales vigentes**

Existen varias normativas vigentes a nivel internacional pero las que sobresalen debido a que tienen mayores requisitos para regular los sistemas de seguridad vehicular son:

- United Nations Economic Commissions for Europe (UNECE)
- Federal Motors Vehicle Safety Standards (FMVSS)

### **2.2.1 United Nations Economic Commissions for Europe**

Establece normas, estándares y reglamentos para facilitar la cooperación internacional dentro y fuera de la región. Los trabajos normativos de la UNECE se encargan en su totalidad de las actividades industriales: Transporte, fabricación vehicular como también señalización vial y nomenclatura vial europea.

Además de las normativas vigentes que tiene la UNECE, existen los Reglamentos Técnicos Globales (GTR) sobre seguridad vehicular:

- GTR 1 Seguros y componentes de retención de puertas
- GTR 6 Vidrios
- GTR 7 Apoya cabezas
- GTR 8 Sistemas Electrónicos de Control de Estabilidad ESC
- GTR 9 Seguridad de peatones
- GTR 14 Impacto lateral
- GTR 16 Neumáticos

### **2.2.2 Federal Motors Vehicle Safety Standards**

Normas Federales de Seguridad para Vehículos (FMVSS) de los Estados Unidos, regula y define el diseño, construcción, rendimiento y requisitos de durabilidad de los vehículos de motor y los componentes vinculados con la seguridad.

El FMVSS está dividido en tres categorías:

- Serie 100, prevención de accidentes.
- Serie 200, resistencia a los choques.
- Serie 300, supervivencia post-accidente.

### 2.3 Normativas vigentes en el estado ecuatoriano

En el estado ecuatoriano existe un reglamento que rige los sistemas de seguridad vehicular, denominado "RTE INEN 034 (Tercera Revisión)", cabe recalcar que este reglamento es de uso general para toda la categoría de vehículos.

Este reglamento técnico establece los requerimientos mínimos de seguridad con los que debe contar un vehículo en el país a fin de proteger la vida e integridad de las personas.

Los métodos de ensayo para evaluar la conformidad de los elementos de seguridad indicados en el RTE INEN 034, se basan en normas nacionales y la normativa internacional de la UNECE indicado en la Tabla 2.1, no toman otras normas internacionales debido a que la UNECE y la FMVSS tienen las normativas más completas de seguridad vehicular.

Tabla 2.1 Normas en el RTE INEN 034

NORMAS EN LAS QUE SE BASAN LAS EXIGENCIAS DEL RTE INEN 034		
ELEMENTOS	Normas INEN	Normas UNECE
Visibilidad	NTE 1133	
Vidrios	NTE 1669	
Transporte público	RTE INEN 043	
Carrocerías	NTE 1323	
Neumáticos	RTE 011	
Neumáticos de emergencia	NTE 2349	
Clasificación vehicular	NTE 2636:2012	
		UNECE 17
Asientos		UNECE 80
Apoya cabezas		UNECE 25
		GTR 7
Cinturones de seguridad		UNECE 14
		UNECE 16
Avisador acústico de uso de cinturón		UNECE 16



<b>NORMAS EN LAS QUE SE BASAN LAS EXIGENCIAS DEL RTE INEN 034</b>	
Sistemas de retención infantil	UNECE 44 UNECE 129
Frenos (M2 <=5T, M3 >5T)	UNECE 13
Frenos (M1 <=3.5, N1 <=3.5T)	UNECE 13 H
Control electrónico de estabilidad ESC	GTR 8
Protección impacto frontal y lateral	UNECE 94 UNECE 95 GTR 9
Air Bags	UNECE 94 UNECE 114
Limitador de velocidad	UNECE 89

Fuente: Autores

## 2.4 Campo de aplicación

El RTE INEN 034 se aplica a todo vehículo que estaría por ingresar al parque automotor del estado ecuatoriano, sean estos importados o ensamblados en el país incluyendo a los de importación temporal.

### Excepción

La normativa hace una excepción a prototipos de vehículos con fines de desarrollo de un nuevo modelo perteneciente a ensambladoras o comercializadoras. No se podrá comercializar mientras se encuentren en dicha etapa.

Este reglamento no aplica a transporte ferroviario, equipo caminero, agrícola, vehículos de competencia deportiva, vehículos clásicos, históricos o de colección.

## 2.5 Instituciones que rigen las normativas en el país

En nuestro país existen entidades encargadas de emitir reglamentos reguladores del transporte de personas, entre estos se encuentra: el Consejo Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre y el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.

La Agencia Nacional de Tránsito (A.N.T.) es la encargada de hacer cumplir la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre, ya que sus resoluciones son obligatorias.

## 2.6 Análisis de la evolución del RTE INEN 034

El RTE INEN 034 indicado en el Anexo IV, toma en consideración los siguientes elementos que respectan a la seguridad vehicular como se indica en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Elementos del RTE INEN 034

ELEMENTOS QUE REGULA EL RTE INEN 034	
<b>SEGURIDAD ACTIVA</b>	<b>SEGURIDAD PASIVA</b>
Iluminación	Cinturones de seguridad
Frenos	Sistemas de retención infantil
Control de estabilidad ESC	Asientos
Neumáticos	Chasis
Suspensión	Carrocería
Dirección	Vidrios
Ventilación	Parachoques frontal y posterior
Limitador de velocidad	Barra anti-empotramiento posteriores para vehículos pesados
Tacógrafo	Protección para impacto frontal y lateral
Avisador acústico de uso del cinturón	Bolsas de aire (air bags)
	Cerraduras con sistema de bloqueo de apertura interior
	Capó

Fuente: Autores

La norma INEN NTE 034 "Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores", desde su creación, tuvo tres actualizaciones o reformas las cuales son la INEN RTE 034:2009 (Primera Revisión) indicado en el Anexo II, INEN RTE 034:2010 (Segunda Revisión) indicado en el Anexo III y la última actualización es la INEN RTE 034 (Tercera Revisión) indicado en el Anexo IV.

La evolución de la norma esta detallada en las Tablas 2.3 y 2.4.

---

<sup>1</sup> Ecuador. Ley del sistema ecuatoriano de calidad. Quito, 2007. Recuperado de: [http://www.unsh.edu.ec/UserFiles/385/File/LEY\\_DEL\\_SISTEMA\\_ECUATORIANO\\_DE\\_CALIDAD.pdf](http://www.unsh.edu.ec/UserFiles/385/File/LEY_DEL_SISTEMA_ECUATORIANO_DE_CALIDAD.pdf)

**UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSIONS FOR EUROPE**

<b>SEGURIDAD ACTIVA</b>	<b>NORMA UNECE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
ILUMINACIÓN	REG. N.37	Prescripciones uniformes relativas a la homologación de lámparas de filamento destinadas vehículos de propulsión mecánica y sus remolques.
	REG. N.38	Luces antiniebla trasera para vehículos de motor y de sus remolques.
	REG. N.48	Instalación de dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa.
	REG. N.99	Prescripción uniformes relativas a la homologación de fuentes luminosas de lámparas de gas de alta intensidad.
RETROVISORES	REG. N.46	Prescripciones uniformes relativas a la homologación de los dispositivos de visión indirecta y de los vehículos de motor con respecto a la instalación de estos dispositivos.
VIDRIOS	REG. N.43	Disposiciones uniformes para la homologación de los materiales de acristalamiento de seguridad y su montaje en vehículos.
ALERTA AUDITIVA	REG. N.28	Disposiciones uniformes relativas a la homologación de dispositivos de señales acústicas y de los vehículos de motor respecto a sus señales acústicas.
FRENOS	REG. N.13	Disposiciones uniformes relacionadas con la aprobación de vehículos de categorías M, N y O con relación al sistema de frenos.
	REG. N.13H	Disposiciones uniformes sobre la aprobación de los vehículos automóviles de pasajeros en lo relativo al frenado.
NEUMÁTICOS	REG. N.30	Disposiciones uniformes relacionadas con la aprobación de neumáticos de vehículos de motor y sus remolques.
NEUMÁTICO DE EMERGENCIA	REG. N.64	Prescripciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en lo relativo a sus equipos que pueden incluir: uso temporal de una unidad de repuesto, sistema autoportante y un sistema de monitoreo de presión de neumáticos.
DIRECCIÓN	REG. N.79	Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos con respecto al sistema de dirección.
LIMITADOR DE VELOCIDAD	REG. N.89	Vehículos, por lo que se refiere a la limitación de su velocidad máxima o a su función ajustable de limitación de velocidad.

Fuente: Autores

## 2.8 Normativa sobre seguridad vehicular de la FMVSS

Las normativas expuestas por la Federal Motors Vehicle Safety Standards (FMVSS), para la seguridad vehicular están detalladas en la Tabla 2.8, 2.9 y 2.10.

**Tabla 2.8** Reglamento de la FMVSS, Seguridad Activa

FEDERAL MOTORS VEHICLE SAFETY STANDARDS			
SEGURIDAD ACTIVA	NORMA FMVSS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
ILUMINACIÓN	STANDARD No. 108	Lámparas, dispositivos reflectantes y equipo asociado.	Excepto remolques de postes y plataformas de conversión remolque y Motocicletas.
RETROVISORES	STANDARD No. 111	Espejos Retrovisores.	Ayuda a tener una visión clara y razonable sin obstrucciones en la parte trasera.
DESEMPAÑADOR	STANDARD No. 103	Parabrisas de deshielo y de desempañado.	Esta norma especifica los requisitos para parabrisas de deshielo y de anti-vaho.
	STANDARD No. 105	Sistemas de frenado de servicio hidráulicos y eléctricos y sistemas de freno de estacionamiento.	Aseguran un rendimiento de frenado seguro en condiciones normales y de emergencia.
SISTEMA DE FRENOS	STANDARD No. 135	Vehículos equipados con frenos de servicio hidráulico.	Para vehículos con un peso bruto menor a 3500 kg (7.716 lb) Pueden certificar el cumplimiento de cualquiera de las FMVSS No. 105 o FMVSS No. 135.

SEGURIDAD ACTIVA				
Elementos de visibilidad	NORMATIVAS			OBSERVACIÓN
	INEN	UNECE	FMVSS	
Luces de posición delanteras y traseras, luces de frenado y de gálibo	✓	✓	✓	Todas las normas especifican que la luz de posición debe ser de color blanco. Y las de frenado de color rojo.
Luces antiniebla delanteras	✓	✓	✓	Pueden ser de color blanco o amarillo.
Luces antiniebla posteriores	✓	✓	✓	Pueden encenderse cuando las luces de carretera, cruce o antiniebla delanteras son encendidas. Así mismo, pueden ser apagadas independientemente de cualquier otra luz. La intensidad puede ir de 150-300 Candelas.
Luces de encendido automático para uso diurno	✓	✓	✓	Este sistemas debe encenderse si el motor esta encendido. Debe emitir una luz blanca de al menos 400 candelas hacia delante y no más de 1200 candelas en cualquier dirección.
Retrovisores	✓	✓	✓	Las normativas especifican que debe ser obligatorio como mínimo el uso de dos retrovisores, un izquierdo y un derecho.
Desempañador	✓	✓	✓	No deben ser operados manualmente y prevenir o eliminar las obstrucciones de visibilidad.
Vidrios	✓	✓	✓	Los vidrios a utilizarse en las normativas son laminados o templados.

## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN DEL RTE**

#### **INEN 034**

##### **3.1. Introducción**

Según la norma NTE INEN 2656, La categoría M<sub>1</sub> hace referencia a los vehículos que tengan como máximo, ocho plazas de asiento además la del conductor. No dispondrán de ningún espacio para viajeros de pie. El número de plazas podrá limitarse a una (es decir la del conductor).

El RTE INEN 034 (tercera revisión), “Elementos mínimos de seguridad para vehículos automotores” está desarrollado para ser aplicado a toda la categoría de vehículos en el Ecuador. Cabe destacar que la propuesta de mejora a este reglamento esta dado únicamente para la categoría de vehículos M1.

La mejora a este reglamento está basado en el estudio del capítulo II, donde se analizó que al reglamento RTE INEN 034, es necesario adicionarle requisitos sobre elementos de seguridad vehicular, que pueden ser aplicados a toda la gama de vehículos de la categoría M1.

En base a lo detallado en el Capítulo I y II se elabora la propuesta de mejora al reglamento RTE INEN 034, con la finalidad de que los vehículos que van a ingresar al parque automotor ecuatoriano presten mayor seguridad.

En la propuesta de mejora al reglamento RTE INEN 034 (Tercera revisión) se incluirá de manera obligatoria y opcional los siguientes requisitos:

## SEGURIDAD VIAL

### 15. SEGURIDAD EN EL VEHICULO

- SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA
- RUEDAS
- FRENOS
- REPUESTOS Y HERRAMIENTAS

15



### SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA

Todo conductor debe responsabilizarse de **mantener en su vehículo los niveles de seguridad, cuidando el mantenimiento de los elementos capaces de evitar que se produzcan accidentes** y para que sus consecuencias no se agraven.

La **seguridad** de los vehículos automóviles **pueden ser:**

- **Activa** o primaria.
- **Pasiva** o secundaria.

La **seguridad activa** pues **necesita la acción del conductor**, es la que debe tener un vehículo para evitar que se produzca un accidente, **incluyendo medidas preventivas como el control de:**

- Los neumáticos
- Los frenos
- Los sistemas de alumbrado
- El mantenimiento general del vehículo.

La **seguridad pasiva actúa automáticamente** y tiene como **finalidad reducir** el número y la importancia de las **lesiones causadas por accidente** a los ocupantes del vehículo y demás usuarios de la vía protegiendo, dentro de lo posible, en todo momento, su integridad física.

#### SEGURIDAD PASIVA EN EL AMBIENTE INTERNO DEL VEHICULO

Dentro de la **seguridad pasiva** hay que destacar los siguientes dispositivos de seguridad en el interior del vehículo:

- **Cinturón de seguridad:**
  - Su finalidad es **proteger y retener el cuerpo** del conductor y demás ocupantes del vehículo en caso de vuelco o detención brusca a consecuencia de una colisión.
  - **Absorbe parte del choque** y **evita** en gran parte las **lesiones por retroceso**.
  - Su correcta utilización (ajustado al cuerpo, ni muy ajustado ni muy flojo, y bien anclado) **disminuye** considerablemente el **riesgo de muerte** en accidente de tránsito.
- **Tablero de instrumentos sin bordes agudos.**
- **Volante deformable.**



# **MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

## ***Unidad 7***

**“La Seguridad en  
General (Activa y  
Pasiva)”**

**Unidad 7: LA SEGURIDAD EN GENERAL:** Componentes de la Seguridad Activa. Componentes de la Seguridad Pasiva. Cinturón de Seguridad: concepto y clasificación. Parabrisas Especiales. Apoya Cabezas. Airbag (Bolsa de aire). Elementos auxiliares de Seguridad Pasiva: ABS y CTS.

**Seguridad:** el concepto implica garantía, libre, exento de peligro, daño o riesgo; donde peligro signifique riesgo de que suceda algún mal.

Es la acción o mecanismo que garantiza el buen funcionamiento de algo previendo que falle, se frustre o violenta.

**Seguridad Vial:** es la disciplina que estudia y aplica las acciones y mecanismos tendientes a garantizar el buen funcionamiento de la circulación en la vía pública previendo los siniestros viales.

Busca crear las condiciones para que los siniestros viales no ocurran, o en caso que igualmente se produzcan provoquen los menores perjuicios posibles.

**Seguridad Activa:** implica la toma de todos los recaudos necesarios tendientes a evitar la producción de los siniestros viales.

Factores que inciden en la Seguridad Activa:

- **La seguridad en la circulación,** se consideran a los elementos que componen a un vehículo y su diseño.

- **Confort del conductor,** son los elementos que tienen por finalidad aminorar la fatiga física y mental producida en el conductor por las maniobras requeridas por la conducción. Unos de los puntos a considerar es el efecto fisiológico de cansancio que producen los ruidos y vibraciones originados por la marcha del vehículo o las irregularidades del camino, sobre todo en el sistema de carrocería tipo monocoque (actúan como cajas de resonancia), para lo cual se recurre al montaje sobre medios elásticos, interponiendo los subconjuntos que usan a la carrocería con bloques de caucho, además de recubrir los paneles interiores con materiales malos conductores de sonido.

En lo que respecta a vibraciones, causadas por las irregularidades del camino, son controladas por el sistema de suspensión conjuntamente con los neumáticos.

Otros factores que otorgan confort son la regulación de la butaca, el tapizado de los asientos, la climatización del habitáculo, etc.

- **Características de la conducción,** el comportamiento en el conductor y su accionar debe ser respetando los códigos/leyes de tránsito, prestando atención especial a las señales viales, ya sean limitativas de velocidad (prohibitivas) o de aviso de variaciones en la ruta (reglamentarias).

**Influencia de la conducción en la seguridad del tránsito:** el comportamiento y el accionar del conductor en la vía pública deben ser respetando la normativa y la señalización vial. Deberá prestar atención al estado del camino y las condiciones climáticas, de manera de poder regular la velocidad a la que se desplaza; como así también conocer el estado de cada uno de los componentes de su automóvil. En caravanas, tendrá que mantener la mínima distancia necesaria para frenar, de acuerdo a la velocidad de circulación, y evitar una colisión.

**Influencia de la visibilidad en la seguridad del tránsito:** el conductor debe ver en todas las direcciones sin restricciones, y a su vez ser visto por los demás.

La visibilidad no debe ser escasa (puntos ciegos), a causa de los parantes de la carrocería; en caso de visibilidad hacia atrás se disminuye con el agregado de espejos retroscópicos exteriores e interiores.

La influencia del color con que se halla pintado el automóvil es de gran importancia para los conductores que lo rodean cuando las condiciones meteorológicas son adversas (lluvia, penumbra o niebla). La tendencia actual es la de usar pinturas de colores claros de poca absorción luminica, considerándose como óptimo el color blanco o crema.

**Potencia Motriz.** Factores de los que depende: la potencia motriz deber prevase de manera tal que el conductor pueda disponer de una reserva "plus potencia" para ser utilizada en situaciones imprevistas, sin necesidad de tener que efectuar maniobras extras con la caja de velocidades.

**Seguridad Pasiva:** en los casos en que es prácticamente imposible evitar un siniestro vial se proyectan los medios para aminsonar los efectos perjudiciales de esto, tanto para los ocupantes del vehículo como para terceras personas.

**Seguridad pasiva exterior:** es la que actúa como protección en caso de colisión con peatones o ciclistas. La tendencia actual es eliminar de las partes frontales y laterales de la carrocería saliente que pueda ocasionar lesiones o traumatismos en casos de impacto. Adoptándose las formas redondeadas convexas y embutiendo las manijas de las puertas, de manera que el cuerpo embestido sea alejado del automóvil cuando se produce un siniestro vial.

- Componentes:

\* **Paragolpes traseros y delanteros embutidos:** su diseño tiene gran importancia, actualmente poseen sus vértices redondeados en forma convexa, de tal manera que en caso de un siniestro vial, un cuerpo embestido sea alejado del automóvil. Han de ser fuertes pero no rígidos.



\* **Espejos exteriores rebatibles:** son la ayuda más importante, ya que gracias a él se tiene la mejor visión posible. Toda superficie que no pueda ser alcanzada por el espejo retrovisor interior constituyen ángulos muertos (de visibilidad) por lo cual suelen utilizarse los espejos retrovisores externos que se ubican en las puertas delanteras, estos amplían considerablemente la zona de visión y deben ser constantemente ajustados, ya que tienen una articulación, en forma de rótula con resortes, que les permite volver a su posición inicial en caso de que alguien o algo choque.



Seguridad pasiva interior: incluye todos los elementos y dispositivos diseñados para aminorar los efectos que puedan producir un siniestro vial.

- Componentes:

- Diseño de la estructura de la carrocería
- Acolchado del interior del habitáculo
- Anclaje de los asientos al piso
- Columna y volante de dirección
- Cierre de las puertas y bloqueo de las mismas
- Espejo retrovisor interno eyectable
- Cristal de parabrisas y puertas
- Cinturones de seguridad
- Apoya cabeza
- Airbag
- Extintor de incendio
- Botiquín de primeros auxilios

7.15. Anexo 15: M. Soba, «Diseño del mecanismo de un retrovisor del automóvil con Autodesk Inventor Professional,» Julio 2016.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Diseño del mecanismo de un retrovisor de  
automóvil con Autodesk Inventor  
Professional**

**Autor:**

**Soba Toquero, Mario**

**Tutor:**

**Gómez Bravo, Alfonso**

**Departamento**

**C.M./I.M./E.G.I./I.C.G.F./I.M./I.P.F**

**ÁREA INGENIERÍA MECÁNICA**

**Valladolid, Julio, 2016.**



## CAPÍTULO 2

# EL ESPEJO RETROVISOR

## 2.1 EVOLUCIÓN DEL MECANISMO

El espejo retrovisor es un sistema de visión que permite al conductor observar el área que se encuentra por detrás del vehículo. Estos espejos van montados sobre una carcasa plástica o metálica que sirve de protección del cristal.

Para poder adaptarse a las necesidades del conductor en cuanto a posición, el espejo retrovisor debe ser capaz de efectuar determinados movimientos. Dichos movimientos son posibles gracias a los mecanismos que se han ido incorporando a lo largo de los años.

En un principio, los vehículos montaban un único espejo retrovisor lateral, el cual no era más que un espejo montado sobre una carcasa que se unía a un soporte a través de una rótula. Esa unión de rótula era la que permitía al conductor, desde el exterior, adaptar manualmente la posición del espejo a su posición de conducción. Un ejemplo lo podemos ver en la Figura 2.1, que corresponde a un retrovisor del vehículo Renault 12.



Figura 2.1 Mecanismo de un retrovisor antiguo

Posteriormente, los coches fueron evolucionando y comenzaron a equiparse con dos espejos retrovisores laterales, uno a cada lado del vehículo, lo que supuso una gran mejora en la visión posterior para los conductores.



Figura 2.2 Mecanismo retrovisor manual

A su vez, el mecanismo que permite el movimiento del espejo también ha evolucionado y ha dado paso a uno de los sistemas manuales que se monta actualmente, y que es el que vemos en la Figura 2.2. El mencionado mecanismo permite al conductor regularlo desde el interior del vehículo a través de un manipulador que transmite los desplazamientos al espejo a través de un sistema de varillas.

El segundo tipo de mecanismo que montan los espejos retrovisores actualmente es el eléctrico. Las marcas de automóviles han ido desarrollando distintos modelos de mecanismos más o menos complejos como los que vemos en la Figura 2.3, pero todos ellos con la misma base: un motor accionado eléctricamente hace girar un piñón, el cual desplaza una cremallera logrando de esta manera el movimiento el espejo.



Figura 2.3 Mecanismo retrovisor automático

## 2.2 MODELO FÍSICO REAL DEL ESPEJO RETROVISOR

Tal y como se ha mencionado en la Introducción, el modelo empleado para el desarrollo de este TFG, es el de un vehículo modelo Mercedes Vito del año 2003. Véase la Figura 2.4.





Figura 2.4 Retrovisor Mercedes Vito

El modelo físico real fue localizado en Desguaces Velázquez, situado en el municipio de Cigales, en la provincia de Valladolid. Una vez encontrado, se acudió a dicho desguace para proceder a su desmontaje y posterior adquisición.

## 2.2.1 HERRAMIENTAS MECÁNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Las herramientas usadas para el desmontaje y posterior diseño del mecanismo del espejo retrovisor pueden dividirse en herramientas mecánicas e instrumentos de medida.

### 2.2.2.1 HERRAMIENTAS MECÁNICAS

Para desmontar el espejo retrovisor del vehículo en primer lugar, y a continuación poder extraer el mecanismo que acciona dicho espejo, han sido necesarias las herramientas mecánicas que se mencionan a continuación:

- Juego de destornilladores planos de varios tamaños.
- Juego de destornilladores de estrella de varios tamaños.
- Juego de carraca con puntas de torx. Véase Figura 2.5.



Figura 2.5 Juego de Carraca con varias puntas y llaves de torx










NORMAS Y SEÑALES REGULADORAS  
DE LA CIRCULACIÓN VIAL

Edición 2020



## INSTRUCCIONES

El presente manual forma parte del conjunto de los nueve que constituyen la formación a distancia del "Profesor de Formación Vial". Para conocer cuál de ellos estamos estudiando, los márgenes nos dan la clave para su reconocimiento puesto que cada uno tiene un color diferente:

MANUAL	TÍTULO	COLOR
I	Normas y señales reguladoras de la circulación vial	
II	Cuestiones de Seguridad Vial	
III	Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa	
IV	Normativa por la que se regulan los permisos de conducción, sus clases y las pruebas de aptitud a realizar para su obtención	
V	Normativa reguladora de los centros de formación de conductores	
VI	Pedagogía aplicada a la conducción	
VII	Psicología aplicada a la conducción	
VIII	Mecánica y entretenimiento simple del automóvil	
IX	Comportamiento y primeros auxilios en caso de accidente de tráfico	

Cada manual contiene, al inicio del mismo, un **Índice general** con los temas a tratar y un **Índice por cada tema** más específico y detallado.

Por otro lado, se recogen una serie de instrucciones/recomendaciones para que extraigas el máximo provecho y te ayuden al estudio:

- Esquemas, gráficos, tablas, imágenes/fotos, ejemplos, definiciones, ideas fuerza...
- Iconos simulando un semáforo:



En función de cómo se estudie el manual los iconos tendrán o no diferentes funcionalidades:



Si el estudio del manual lo realizas en la pantalla de tu ordenador/portátil/dispositivos móviles/tablet, los iconos indicados anteriormente presentan las siguientes funcionalidades:



En vías dotadas de un carril de aceleración, el conductor de un vehículo que pretenda utilizarlo para incorporarse a la calzada deberá **cerciorarse**, al principio de dicho carril, de que puede hacerlo sin peligro para los demás usuarios que transiten por dicha calzada, teniendo en cuenta la posición, trayectoria y velocidad de estos.

Si para realizar la incorporación previamente hubiera que efectuar marcha atrás, se deberá cumplir lo siguiente: **cerciorarse**, incluso apeándose o siguiendo las indicaciones de otra persona, si fuera necesario, **de que**, por las circunstancias de visibilidad, espacio y tiempo necesarios para efectuarla, **no va a constituir peligro para los demás usuarios de la vía.**

De todo ello se desprende el **primer requisito** para la realización de esta maniobra, la **comprobación de que puede realizarse**, bien por medio de la observación del tráfico a través de los **espejos retrovisores** que corresponda en su caso, o bien, a través de la **observación directa**.

#### 4.4 SEÑALIZACIÓN DE LA MANIOBRA

La **señalización** de la maniobra es la segunda condición a realizar por el conductor del vehículo que vaya a ejecutar la incorporación.

La obligatoriedad de informar a los demás conductores y usuarios sobre la intención de realizar la maniobra viene impuesta por normas de carácter general y también de índole particular.

A saber:

- Los conductores están obligados a advertir al resto de los usuarios de la vía acerca de las maniobras que vayan a efectuar con sus vehículos.
- El conductor debe advertir ópticamente toda maniobra que implique un desplazamiento lateral o hacia atrás de su vehículo.

El conductor que pretenda incorporarse a la circulación lo advertirá con las señales obligatorias para estos casos.

Una vez establecida la exigencia del aviso, el Reglamento determina cómo deben realizarse dichas informaciones a través de las siguientes normas:



Si después de iniciar la maniobra de adelantamiento advirtiera que se producen circunstancias que pueden hacer difícil su finalización sin provocar riesgos, reducirá rápidamente su marcha, regresará de nuevo a su carril y lo advertirá a los que le siguen con las señales preceptivas.

### 2.2.2 Regreso al carril derecho

Una vez sobrepasado el vehículo que se quería adelantar, se tendrá que realizar la última fase de la maniobra, que es el regreso al carril derecho, para lo cual se aplicará la regla de seguridad de desplazamientos laterales, que ya se contempló en el tema 9.

#### 2.2.2.1 Observación de los espejos retrovisores

No existe ninguna norma que fije la exigencia de observar los retrovisores, pero nace como consecuencia de la obligación, si recogida por la Ley, de no forzar al conductor del vehículo adelantado a modificar su trayectoria o su velocidad. En consecuencia para no actuar por cálculo y saber con absoluta certeza cuándo se puede volver a la derecha, sin entorpecer o crear riesgo, se deberá observar tanto el espejo interior como el exterior derecho, si se dispone de él, para comprobar que la distancia dejada con el vehículo adelantado es la adecuada y permite volver a la derecha sin temor a cortar el paso al conductor de dicho vehículo.

#### 2.2.2.2 Señalización de la maniobra

La norma establece la obligatoriedad de advertir el regreso al carril derecho al disponer lo siguiente:

*"El conductor del vehículo que ha efectuado el adelantamiento deberá reintegrarse a su carril advirtiéndolo a través de las señales preceptivas".*

A estos efectos las señales preceptivas que debe utilizar dicho conductor serán:

- **La luz indicadora** de dirección correspondiente al lado hacia el que se va a realizar el mismo, o bien.
- **El brazo** doblado hacia arriba con la palma de la mano extendida.

#### 2.2.2.3 Ejecución de la maniobra

El conductor del vehículo que ha efectuado el adelantamiento deberá reintegrarse a su carril tan pronto como le sea posible y de modo gradual, sin obligar a otros usuarios a modificar su trayectoria o velocidad.

#### 2.2.2.4 Extinción de la señalización

Una vez situado el vehículo nuevamente en la derecha de la calzada, no debe olvidarse el conductor de extinguir la luz indicadora de dirección de dicho lado, pues ya ha cumplido la finalidad que se perseguía, advertir a los demás usuarios de la maniobra realizada, y su mantenimiento podría infundir a confusión a éstos. Comportamiento que, anteriormente, ya quedó justificado normativamente.



## 1 OTROS ADELANTAMIENTOS

Siguiendo lo expuesto en el tema anterior, a continuación se va a tratar de otros adelantamientos.

### 1.1 ADELANTAMIENTO EN VIAS DE TRES CARRILES

En calzadas con doble sentido de circulación y tres carriles separados por marcas longitudinales discontinuas, el carril central se utilizará para **efectuar los adelantamientos precisos**, pudiendo solamente efectuarlos cuando los conductores que circulen en sentido contrario no hayan **ocupado** el carril central para efectuar un adelantamiento a su vez.

En estas calzadas, al no estar permitido circular por el carril situado más a la izquierda, queda también prohibido realizar adelantamientos por él, aun cuando el resto de las circunstancias que concurren sean favorables.

Aun cuando no es frecuente este tipo de vías, teniendo en cuenta la peligrosidad e indeterminación de dicho carril central, que puede ser utilizado indistintamente para adelantar por los vehículos que circulen en ambos sentidos, al efectuar el adelantamiento deberán aplicarse con el máximo rigor las normas expuestas en el tema anterior para la realización de la maniobra utilizando dicho carril.

### 1.2 ADELANTAMIENTO EN CALZADAS DE VARIOS CARRILES

En las calzadas que tengan, por lo menos, dos carriles reservados a la circulación en el sentido de su marcha, el conductor que vaya a efectuar un nuevo adelantamiento podrá permanecer en el carril que haya utilizado para el anterior, a condición de cerciorarse de que puede hacerlo sin molestia indebida para los conductores de vehículos que circulen detrás del suyo más velozmente.

Cuando la calzada tenga tres o más carriles en el mismo sentido, los **conductores de camiones o furgones** con masa máxima autorizada superior a **3.500 kilogramos**, los de **vehículos especiales** que no estén obligados a circular por el arcén y los de **conjuntos de vehículos** de más de siete metros de longitud, solamente les estará permitido adelantar por **el carril inmediato al de la derecha**.

### 1.3 ADELANTAMIENTO POR LA DERECHA



Por excepción, **se efectuará el adelantamiento por la derecha**, si existe espacio suficiente para ello y adoptando las máximas precauciones cuando:

- El conductor del vehículo al que se pretenda adelantar esté indicando claramente su propósito de cambiar de dirección a la izquierda o parar en ese lado.
- Los tranvías marchen por la zona central en vías con circulación en ambos sentidos.





Dentro de los **poblados**, en las calzadas que tengan, por lo menos, dos carriles reservados a la circulación en el mismo sentido de marcha, delimitados por marcas longitudinales, se permite el **adelantamiento** por la **derecha** a condición de que el conductor del vehículo que lo efectúe se cerciore previamente de que puede hacerlo sin peligro para los demás usuarios.

Los conductores que efectúen adelantamientos permitidos por el lado derecho, deberán tener presentes los preceptos recogidos en el tema anterior sobre advertencia de la maniobra y separación lateral.

## 2 || CASOS NO CONSIDERADOS ADELANTAMIENTOS

Cuando el **adelantamiento se realice por un carril reservado**, por su finalidad o destino, por ejemplo:

- Cuando el conductor se acerque a un empalme por el **carril de aceleración** y el vehículo que circula por el carril de la vía principal lo haga a menor velocidad que el vehículo que se va a incorporar a dicha vía, o viceversa.
- Cuando al abandonar la vía por un **carril de deceleración** se circule por éste a mayor velocidad que los vehículos que lo hagan por el carril de la vía que se abandona, o viceversa.
- Cuando al acercarse a una intersección el conductor se encuentre en el **carril reservado para efectuar un cambio de dirección a la derecha** y circule más rápidamente que aquellos vehículos que, situados en el carril o carriles de su izquierda, pretendan seguir de frente o girar a la izquierda, o viceversa.
- **Carril bus o taxi, etc.**

Todos estos ejemplos que se han citado reúnen la característica que, de forma general, recoge el siguiente **precepto**:

*"En todo tramo de vía en que existan carriles de aceleración o deceleración o carriles o partes de la vía destinadas exclusivamente al tráfico de determinados vehículos, **tampoco se considerará adelantamiento** el hecho de que se avance más rápidamente por aquéllos que por los normales de circulación, o viceversa".*

*Asimismo, "cuando la **densidad** de la circulación sea tal que los vehículos ocupen toda la anchura de la calzada y sólo puedan circular a una velocidad que dependa de la del que los precede en su carril, el hecho de que los de un carril circulen más rápidamente que los de otro **no será considerado como un adelantamiento**".*

En la anterior situación, ningún conductor deberá cambiar de carril para adelantar ni para efectuar cualquier otra maniobra que no sea prepararse a girar a la derecha o a la izquierda, salir de la calzada o tomar determinada dirección.

**Tampoco se considerarán adelantamientos** los producidos **entre ciclistas** que circulen **en grupo**.

De acuerdo con el concepto de adelantamiento, **no se considera** como tal el hecho de pasar a un vehículo que se encuentra detenido, parado o estacionado. Esta acción se viene denominando **"rebasamiento"**, como ya ha quedado expuesto en el epígrafe 5.5, párrafo 2º del Tema 9.



Ha quedado expuesto en el tema anterior el comportamiento del conductor a la hora de realizar la maniobra de adelantamiento. Si bien es verdad que ese conductor es el que tiene que adoptar las medidas necesarias para que el adelantamiento se efectúe de acuerdo con dichas normas y por ello en condiciones de seguridad, no es menos cierto que el comportamiento del conductor del vehículo adelantado tiene gran importancia para que el adelantamiento se consuma en las citadas condiciones.

La conducta a seguir por el conductor del vehículo adelantado, y que a continuación se va a exponer, está referida, al igual que la de adelantamiento recogida en el tema anterior, a las calzadas que disponen solamente de un carril para cada sentido, pues, es en estas vías, donde el proceder del conductor del vehículo que es adelantado puede hacer que la maniobra se lleve a cabo con mayor o menor dificultad, mientras que cuando no es preciso invadir la zona de sentido contrario, por existir al menos dos carriles en el mismo sentido, su no colaboración o abstención no debe influir, en circunstancias normales, en la realización de la maniobra.

## 3 COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTOR ADELANTADO

### 3.1 OBLIGACIÓN DE PERMITIR EL ADELANTAMIENTO

A la vista de la legislación se comprueba que, en principio, al conductor del vehículo adelantado no se le fija ninguna regla de comportamiento en particular.

Solamente se debe limitar a circular manteniendo la posición que se le preceptúa en relación con el lugar que debe ocupar en la vía, a saber, lo más cerca posible del borde de la calzada.

Ahora bien, en el momento que se dé cuenta, bien porque el conductor que adelanta se lo advierte, bien porque él mismo lo percibe a través de los espejos retrovisores, es cuando la Ley señala la pauta a seguir marcándole una posición en la calzada e indicándole una conducta determinada en relación con la velocidad.

### 3.2 POSICIÓN EN LA CALZADA

El primer **precepto** que se le ordena cumplir es el siguiente:

*“El conductor que **advierta** que otro que le sigue tiene el propósito de adelantar a su vehículo, estará **obligado** a ceñirse al **borde derecho de la calzada**, salvo en los supuestos de giros o cambios de dirección a la izquierda o de parada en ese mismo lado, en que deberá ceñirse a la izquierda todo lo posible, pero sin interferir la marcha de los vehículos que puedan circular en sentido contrario”.*

Esta posición en la calzada facilitará al conductor que pretende adelantar la observación de las circunstancias que concurren por delante al aumentar considerablemente su campo de visión, en contraposición con la ubicación centrada en el carril, y por consiguiente, llevar a cabo con una total confianza la maniobra por poder percibir sin dificultad las señales, el espacio, los vehículos en sentido contrario, etc.







### 3.3 VELOCIDAD

Se **prohíbe** al conductor del vehículo que va a ser adelantado **aumentar la velocidad o efectuar maniobras que impidan o dificulten el adelantamiento**.

También estará **obligado a disminuir la velocidad** de su vehículo cuando, una vez iniciada la maniobra de adelantamiento, se produzca alguna situación que entrañe **peligro** para su propio vehículo, para el vehículo que la está efectuando, para los que circulan en sentido contrario o para cualquier otro usuario de la vía.

No obstante lo dispuesto en el párrafo anterior, cuando el **adelantante** diera muestras inequívocas de **desistir** de la maniobra reduciendo su velocidad, el **conductor** del vehículo al **que se pretende adelantar** no estará obligado a disminuir la suya, si con ello pone en peligro la seguridad de la circulación, aunque si estará **obligado a facilitar** al conductor adelantante **la vuelta** a su carril.

Los conductores de vehículos pesados, de grandes dimensiones u obligados a respetar un límite específico de velocidad, deberán bien aminorar la marcha, o apartarse cuanto antes al arcén, si resulta practicable, para **dejar paso** a los que le siguen, cuando la densidad de la circulación en sentido contrario, la anchura insuficiente de la calzada, su perfil o estado no permitan ser adelantados con facilidad y sin peligro.

### 3.4 SEÑALIZACIÓN PARA PERMITIR EL ADELANTAMIENTO

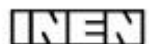
Cumplidos los dos primeros requisitos, situarse junto al borde derecho de la calzada y no aumentar la velocidad o reducirla si fuera necesario, habría que preguntarse si es obligatorio utilizar el indicador luminoso de dirección de la derecha para advertir al conductor, que desea adelantar, que se está dispuesto a facilitarle dicha maniobra.

Examinando las normas generales de las advertencias de los conductores, se comprueba que en las advertencias ópticas no se encuentra ninguna norma en tal sentido.

Solamente los conductores de los vehículos citados en el último párrafo del epígrafe 3.3, en el caso de que **no sea posible ceñirse** por completo al **borde derecho** de la calzada y, sin embargo, el adelantamiento pueda efectuarse con seguridad, cuando vayan a ser adelantados, **indicarán la posibilidad** de ello al que se acerque, extendiendo el brazo horizontalmente moviéndolo repetidas veces de atrás adelante, con el dorso de la mano hacia atrás, o poniendo el intermitente derecho en funcionamiento, cuando no crea conveniente hacer la señal con el brazo.



**7.17. Anexo 17: Normalización, Instituto Ecuatoriano de, «Vehículos automotores bus urbano requisitos INEN 2205,» 2010.**



**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 205:2010**  
**Segunda revisión**

---

**VEHÍCULOS AUTOMOTORES. BUS URBANO. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

MOTOR VEHICLES. URBAN BUS. SPECIFICATIONS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Vehículos de carretera, vehículos automotores, bus urbano, requisitos.  
MC 08.08-401  
CDU: 629.113  
CIIU: 3843  
ICS: 43.020

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	VEHÍCULOS AUTOMOTORES. BUS URBANO. REQUISITOS.	NTE INEN 2 205:2010 2010-12
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el bus urbano, de tal manera que proporcione un adecuado nivel de seguridad y comodidad al usuario</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica para los vehículos diseñados y equipados para transporte público urbano.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en las NTE INEN 960, 1 155, 1 323, 1 669, NTE INEN-ISO 612 y 3833, Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y su Reglamento General, y las que a continuación se detallan:</p> <p>3.1.1 <i>Abatible</i>. Que puede girar alrededor de un eje.</p> <p>3.1.2 <i>Altura de un vehículo</i>. Dimensión vertical total de un vehículo, desde la superficie de la calzada hasta la parte superior del mismo.</p> <p>3.1.3 <i>Amortiguador</i>. Es el elemento cuya función principal consiste en oponer resistencia al movimiento relativo entre la masa suspendida, que es la carrocería y la masa no suspendida (neumáticos), transformándolo en calor y disipándolo en el aire, controlar las vibraciones de la suspensión y brindar una marcha cómoda y segura.</p> <p>3.1.4 <i>Ancho de un vehículo</i>. Dimensión transversal de un vehículo en su parte más extensa.</p> <p>3.1.5 <i>Ángulo de aproximación (ataque)</i>. Ángulo formado entre el plano horizontal y la línea que se forma entre el punto de contacto del radio del neumático delantero y el punto más bajo de la parte delantera del vehículo.</p> <p>3.1.6 <i>Ángulo de salida</i>. Ángulo formado entre el plano horizontal y la línea que se forma entre el punto de contacto del radio del neumático posterior y el punto más bajo de la parte posterior del vehículo.</p> <p>3.1.7 <i>Año de fabricación de la carrocería</i>. Fecha de manufactura de la carrocería.</p> <p>3.1.8 <i>Año modelo (VIN)</i>. Es el código del año del modelo del vehículo marcado por el fabricante del mismo.</p> <p>3.1.9 <i>Área frontal básica del vehículo</i>. Área determinada por la proyección geométrica de las distancias básicas del vehículo sobre su eje longitudinal el cual incluye neumáticos pero excluye espejos y deflectores de aire a un plano perpendicular al eje longitudinal del vehículo.</p> <p>3.1.10 <i>Arrancabilidad</i>. Capacidad motriz de un vehículo para iniciar su marcha.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Vehículos de carretera, vehículos automotores, bus urbano, requisitos.</p>		

**3.1.11 Asiento.** Estructura que puede anclarse a la carrocería del vehículo, que incluye la tapicería y los elementos de fijación, destinados a ser utilizados en un vehículo y diseñado ergonómicamente para la comodidad del pasajero.

**3.1.12 Asiento individual.** Diseñado y construido para el alojamiento de un pasajero sentado.

**3.1.13 Asiento doble.** Diseñado y construido para el alojamiento de dos pasajeros sentados.

**3.1.14 Asideros.** Elementos que permiten la sujeción de los usuarios.

**3.1.15 Bastidor.** Estructura básica diseñada para soportar todos los componentes del vehículo y la carga.

**3.1.16 Chasis (chasis – motor).** Vehículo motorizado sin carrocería.

**3.1.17 Bus urbano.** Vehículo automotor diseñado y equipado para uso en zonas urbanas, con una capacidad igual o superior a 60 pasajeros. Esta clase de vehículo tiene asientos y espacios considerados para pasajeros de pie y permite el movimiento de éstos correspondiente a paradas frecuentes.

**3.1.18 Minibus urbano.** Vehículo automotor diseñado y equipado para uso en zonas urbanas, de un solo piso, con capacidad menor a 60 pasajeros. Esta clase de vehículo tiene asientos y espacios considerados para pasajeros de pie y permite el movimiento de éstos correspondiente a paradas frecuentes.

**3.1.19 Capacidad de carga.** Carga útil máxima permitida para la cual fue diseñado el vehículo. La máxima carga útil será la determinada por la autoridad competente en materia de transporte urbano.

**3.1.20 Capacidad neta de pasajeros.** Número máximo admisible de ocupantes.

**3.1.21 Carrocería autoportante.** Aquella que en su diseño adicionalmente cumple las funciones de bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico, como motor, caja de cambios, transmisión, etc.

**3.1.22 Carrocería.** Estructura que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas.

**3.1.23 Certificación de emisiones de la casa fabricante.** Documento expedido por la casa fabricante de un vehículo automotor en el cual se consignan los resultados de la medición de las emisiones de los contaminantes del aire.

**3.1.24 Ciclo.** Es el tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o relanti. Para las fuentes móviles equipadas con electroventilador, es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

**3.1.25 Ciclo de funcionamiento del motor.** Es el principio bajo el cual funciona el motor.

**3.1.26 Conductor.** Persona que conduce un automotor.

**3.1.27 Contrahuella.** Plano vertical del escalón o peldaño.

**3.1.28 Corredor central.** Espacio libre o área útil del vehículo excluyendo las áreas de entrada y salida, cobranza, conductor y asientos de pasajeros.

**3.1.29 Corrosión.** Desgaste que sufren las superficies de los materiales por acción del agua y el ambiente.

**3.1.30 Compartimiento de pasajeros.** El espacio destinado a los pasajeros, excluido cualquier espacio ocupado por instalaciones fijas.

(Continúa)

**3.1.31 Dirección asistida.** Sistema adicional que facilita el movimiento de giro de las ruedas directrices en el eje perpendicular al plano horizontal.

**3.1.32 Diseño original.** Comprende planos, normas técnicas de fabricación y demás documentos técnicos en los cuales se sustentan los requisitos del diseño de origen del vehículo o sus partes.

**3.1.33 Dispositivo de prevención del arranque.** Impide al vehículo ponerse en marcha cuando está parado, si una puerta no está completamente cerrada.

**3.1.34 Emisiones de gases de escape.** Son las cantidades de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado emitidas a la atmósfera a través del escape de un vehículo como resultado de su funcionamiento.

**3.1.35 Emisiones de vapores.** Es la concentración de hidrocarburos evaporados bajo determinadas condiciones de ensayo.

**3.1.36 Ensamblador.** Persona natural o jurídica responsable del armado de las piezas y partes del vehículo, bajo los requisitos del diseño original.

**3.1.37 Escotilla.** Abertura en la parte superior de la carrocería para efectos de ventilación y salida de emergencia.

**3.1.38 Espacio de supervivencia.** Espacio al interior del vehículo para proteger al máximo la supervivencia de los ocupantes en caso de accidente del vehículo.

**3.1.39 Estribo.** Escalón para subir o bajar de un vehículo.

**3.1.40 Extintor.** Aparato, propio para mitigar incendios.

**3.1.41 Fabricante del vehículo.** Persona natural o jurídica responsable de la fabricación del vehículo bajo los requisitos del diseño original.

**3.1.42 Freno auxiliar.** Facilita al conductor reducir la velocidad del vehículo de forma gradual, cumpliendo la función de asistir al freno de servicio.

**3.1.43 Freno de parqueo.** Permite que un vehículo se mantenga detenido por medios mecánicos, incluso en una calzada en pendiente y, sobretodo sin la presencia del conductor.

**3.1.44 Freno de servicio.** Facilita al conductor reducir la velocidad del vehículo de forma gradual, durante su funcionamiento normal o detenerlo.

**3.1.45 Sistema de posicionamiento global (GPS).** Es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave.

**3.1.46 Grada.** Elemento de la carrocería formado por una serie de escalones o peldaños para la subida y bajada de pasajeros.

**3.1.47 Habitáculo del conductor.** El espacio destinado para el conductor,

**3.1.48 Huella.** Plano horizontal del escalón o peldaño.

**3.1.49 Importador del vehículo.** Persona natural o jurídica responsable de la importación de vehículos para utilización propia o para comercializar.

**3.1.50 Longitud de un vehículo.** La distancia total entre los puntos extremos del vehículo en el eje longitudinal (incluido los parachoques).

**3.1.51 Luneta.** Vidrio de seguridad laminado o templado que va en la parte posterior del vehículo, en un plano paralelo al parabrisas.

(Continúa)

**3.1.52 Mampara.** Panel vertical de separación.

**3.1.53 Marcha mínima o ralentí.** Es la especificación de velocidad del motor, establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1 100 rpm del motor.

**3.1.54 Masa en vacío en orden de marcha.** La masa del vehículo en orden de marcha, sin ocupantes ni carga, pero con carburante, líquido refrigerante, lubricante, herramientas y rueda de repuesto o emergencia en su caso.

**3.1.55 Máxima velocidad de torque.** La velocidad a la cual una máquina desarrolla el máximo torque.

**3.1.56 Motor.** Es la principal fuente de poder de un vehículo automotor.

**3.1.57 Opacidad.** Es el grado de reducción de la intensidad de la luz visible cuando esta pasa por una sustancia.

**3.1.58 Opacímetro.** Instrumento que mide la opacidad de una muestra de gases de un escape y lo expresa en porcentaje.

**3.1.59 Parada.** Detención momentánea de un vehículo por necesidades de tránsito para tomar o dejar personas.

**3.1.60 Pasajero.** Persona que hace uso del servicio de transporte público o privado.

**3.1.61 Corredor.** El espacio que permite a los viajeros acceder desde un asiento o fila de asientos cualquiera, a otro asiento o fila de asientos o a cualquier paso de acceso a cualquier puerta de servicio. No incluye:

- a) el espacio que se extiende aproximadamente 28 cm delante de cualquier asiento,
- b) todo espacio que permite el acceso únicamente a un asiento o fila de asientos.

**3.1.62 Área de acceso.** Espacio destinado para el tránsito de los pasajeros hacia el corredor.

**3.1.63 Parabrisas.** Vidrio de seguridad laminado ubicado en la parte frontal del vehículo.

**3.1.64 Peatón.** Es la persona natural que circula a pie por sus propios medios de locomoción o las personas con movilidad reducida que transiten en artefactos especiales manejados por ellos o por terceros.

**3.1.65 Peldaño.** Cada una de las partes de un tramo de grada, que sirve para apoyar el pie al subir o bajar de ella.

**3.1.66 Peso.** Es la fuerza ejercida por la masa del vehículo (o una parte definida del mismo) sobre un plano horizontal de contacto, bajo condiciones estáticas.

**3.1.67 Peso bruto vehicular (PBV).** Es la suma de las fuerzas ejercidas por la masa del vehículo y la masa total de las cargas.

**3.1.68 Peso seco del vehículo o tara.** Es la fuerza ejercida por la masa del vehículo, en orden de marcha, excluyendo la fuerza ejercida por la masa de los pasajeros.

**3.1.69 Peso vehicular.** Es el peso real del vehículo en condiciones de operación con todo el equipo estándar de fábrica y con combustible a la capacidad nominal del tanque.

(Continúa)

- b.5) *Salidas de emergencia.* Deben estar correctamente identificadas mediante un rótulo de 100 mm horizontal y 150 mm vertical para cada salida de emergencia en fondo rojo y letras blancas, como complemento otro rótulo de idéntica medida con las instrucciones de salida de emergencia. El dispositivo de desprendimiento de ventanas, luneta o escotilla estará identificado y pintado de color rojo con las instrucciones de uso.
- b.6) *Recolector de basura:* Se deben colocar recolectores de basura diseñados para tal efecto, al menos uno en la parte delantera y otro en la parte posterior.
- b.7) *Espejo de las salidas posteriores.* Debe disponer de espejos convexos junto a la(s) puerta(s) posterior(es) que permitan visualizar, desde la ubicación del conductor, la salida completa de los pasajeros por las puertas.
- b.8) *Espejos retrovisores delanteros exteriores.* Deben ser retractiles o abatibles hacia el vehículo y tener una superficie plana y otra convexa. El sistema de espejos, u otro sistema, debe garantizar la visión del área del suelo que se extiende desde el eje trasero hasta no menos de 60 metros contados desde la posición del espejo, en todas las condiciones climáticas.
- b.8.1) Los espejos deben permitir la visibilidad de un punto distante a 3,6 m desde el filo del neumático del eje posterior, en sentido perpendicular al eje del vehículo.
- b.9) *Sistema eléctrico.*
- b.9.1) Los cables y los aparatos eléctricos deben resistir las condiciones de temperatura y de humedad a las que están expuestos, además los cables deben estar bien aislados. En el compartimiento del motor se debe prestar particular atención a su resistencia a la temperatura ambiente, a los vapores y al aceite.
- b.9.2) Ningún cable o circuito eléctrico podrá ser utilizado para conducir una corriente de intensidad superior a la de diseño, evaluando además su forma de montaje y la temperatura ambiente máxima.
- b.9.3) Todo circuito eléctrico que alimente algún aparato distinto del motor de arranque, el circuito de encendido (por chispa o compresión), las bujías de precalentamiento, el dispositivo de apagado del motor, el circuito de carga y la batería, debe estar protegido por un fusible o su equivalente. Sin embargo, circuitos que alimenten aparatos de bajo consumo pueden protegerse por un fusible común o su equivalente siempre que su intensidad nominal no pase de 16 A.
- b.9.4) Se debe garantizar que todos los componentes en cualquier circuito estén diseñados para el voltaje con el cual van a trabajar, y considerar que el fusible o su equivalente son los elementos que menos intensidad debe resistir dentro del circuito.
- b.9.5) Todos los cables deben estar bien protegidos y fijados sólidamente de tal forma que no puedan ser dañados por corte, abrasión o rozamiento.
- b.9.6) Debe haber, por lo menos, dos circuitos de alumbrado interior de manera que el fallo de uno no afecte al funcionamiento del otro. Puede considerarse como uno de estos circuitos, el circuito independiente que suministra energía al alumbrado permanente de la entrada y la salida.
- b.9.7) La instalación eléctrica de la carrocería debe atender las indicaciones del fabricante del chasis.
- b.9.8) Cada circuito eléctrico que alimente un elemento o equipo debe incluir un fusible o un sistema de protección independiente.
- b.9.9) Todos los cables deben ser protegidos y deben ser asegurados en una posición tal que no sufran daños por cortaduras, abrasión o desgaste. Al finalizar el proceso de carrocería debe conservarse la condición anterior.
- b.9.10) Todo cable eléctrico que pase por un orificio debe tener fijación que impida su movimiento y el orificio debe tener la protección adecuada para impedir que el cable no sufra daños por cortaduras o desgaste.

(Continúa)

**b.10) Baterías**

- b.10.1) El compartimiento para baterías debe estar separado del de pasajeros y del compartimiento del conductor y debe estar ventilado desde el exterior.
- b.10.2) Todas las baterías deben estar sólidamente fijadas y fácilmente accesibles para su mantenimiento.

**5.1.2.7 Elementos de seguridad y control.**

a) **Bloqueador de puertas.** Sistema bloqueador inviolable que no permita la partida o movimiento del vehículo en tanto cualquiera de las puertas se encuentren abiertas y que no permita la apertura de las puertas mientras el vehículo esté en movimiento. Este sistema tiene como objetivo evitar accidentes en ascenso o descenso de pasajeros y obliga al conductor a detener la marcha en su totalidad antes de abrir las puertas.

b) **Elevador o rampa de acceso para personas con movilidad reducida.** Para el caso de los buses y minibuses que utilicen un sistema de elevador o rampa de acceso para el ascenso o descenso de personas con movilidad reducida debe contar con los siguientes requisitos:

**b.1) Elevador (plataforma elevadora)****b.1.1) Requisitos mecánicos**

- b.1.1.1) **Capacidad de elevación.** La capacidad mínima de elevación del elevador debe ser de 200 kg. Queda excluido el peso del acompañante, plataforma y elementos desplazables con la misma.
- b.1.1.2) Como medida de seguridad imprescindible debe tenerse en cuenta que a cualquier accionamiento en los mandos corresponde una respuesta inmediata en la maniobra.
- b.1.1.3) **Sistema de bloqueo del vehículo.** El sistema debe proyectarse de forma que para accionarse la plataforma se presente un bloqueo del vehículo. El bloqueo debe ser simultáneo con el inicio de la operación de despliegue por medio de un mando, el cual simultáneamente bloquee el vehículo y desbloquee la plataforma situada en un punto.  
  
Debe existir un dispositivo alternativo que tenga como misión sustituir al sistema principal, en el caso de avería o emergencia del mismo.
- b.1.1.4) **Autonomía del elevador.** En caso de falta de energía el elevador debe tener una autonomía suficiente para efectuar un mínimo de maniobras de emergencia igual al número de plazas para sillas de ruedas que disponga el vehículo.

**b.1.2) Protecciones del elevador**

- b.1.2.1) La plataforma debe estar provista de protecciones que eviten que la silla de ruedas se salga de la misma por sí sola.
- b.1.2.2) **Barrera de protección.** En el flanco de acceso a la plataforma desde el exterior, debe colocarse una protección abatible.
- b.1.2.3) **Accionamiento de la barrera de protección.** Esta protección debe accionarse automáticamente al perderse el contacto en la plataforma y el suelo. También debe accionarse mediante un mando; en este caso su funcionamiento forma parte de un ciclo y la plataforma no debe continuar su desplazamiento mientras dicha protección no esté activada.
- b.1.2.4) **Barandas.** La plataforma en posición de trabajo debe disponer al menos de una baranda lateral, la cual se debe desplazar solidaria con la plataforma.

(Continúa)



- b.1.2.5) *Superficie de la plataforma.* La superficie de la plataforma debe ser del tipo antideslizante, por lo cual es admisible que se disponga de un bajo relieve cuya altura no debe exceder de 6mm.
  - b.1.2.6) *Dimensiones de la plataforma.* La plataforma debe tener un ancho útil mínimo de 800 mm y una profundidad útil de 1 000 mm.
  - b.1.2.7) *Flexión útil de la plataforma.* La plataforma en todo su recorrido no debe flexionar en cualquier dirección más de tres grados. Esta diferencia máxima admisible se entiende entre la plataforma en vacío y cargada con 200 kg. La rampa de acceso queda libre de esta particularidad.
  - b.1.2.8) *Velocidad de desplazamiento de la plataforma.* La velocidad de desplazamiento de la plataforma y partes de la misma no debe ser superior a 0,22 m/s. En despliegue y repliegue, la velocidad no debe ser superior a 0,33 m/s.
  - b.1.2.9) *Acceso a la plataforma.* La plataforma se debe diseñar de tal forma que permita su acceso por sus dos frentes, tanto hacia adelante como hacia atrás.
  - b.1.2.10) *Protecciones.* Cualquier parte del elevador debe estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario, acompañante o vestidos de los mismos.
  - b.1.2.11) *Resistencia a las vibraciones.* Todos los componentes del elevador que estuvieran en tensión deben estar diseñados de forma que no se aflojen con las vibraciones del vehículo.
  - b.1.2.12) *Avisador acústico.* Debe existir una alerta acústica durante el ciclo de funcionamiento de este dispositivo
- b.2) *Rampa en el bus.* Las rampas se deben situar en posición para el ascenso y el descenso de las sillas de una forma manual, eléctrica u otra.
- b.2.1) *Dimensiones de la rampa.* El ancho libre mínimo de la rampa debe ser de la misma dimensión del ancho libre de la puerta de ingreso y salida para personas con movilidad reducida. La pendiente debe ser de acuerdo a la NTE INEN 2 245.
  - b.2.2) *Flexión de la rampa.* Las rampas deben diseñarse para soportar un peso mínimo de 200 kg, y ningún punto de su recorrido debe flexionar más de tres grados.
  - b.2.3) *Condiciones de seguridad.* Una vez situadas las rampas, tienen que quedar fijas al vehículo para impedir su deslizamiento.
  - b.2.4) El suelo de la rampa tiene que ser del tipo antideslizante, por lo que es aconsejable que se disponga de un bajo relieve, cuya altura no debe exceder de 6 mm.
  - b.2.5) Cualquier parte de la rampa debe estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario, acompañante o vestidos de los mismos.
  - b.2.6) *Avisador acústico.* Debe existir una alerta acústica durante el ciclo de funcionamiento de este dispositivo
- c) *Aislamientos y revestimiento interior*
- c.1) El compartimiento destinado al alojamiento del motor debe ser aislado, acústica y térmicamente, con características de baja combustibilidad, retardadores de llama e impermeable a combustibles y lubricantes.
  - c.2) El compartimiento de los pasajeros se debe diseñar de tal forma que se eviten salientes o cualquier tipo de protuberancias, que pudieran producir accidentes o lesiones a los pasajeros.

(Continúa)

## 7.18. Anexo18: (NHTSA), DOT's National Highway Safety Administration, «PARTS AND ACCESSORIES NECESSARY FOR SAFE OPERATION,» 2015

### 49 CFR § 571.111 - Standard No. 111; Rear visibility.

CFR

[prev](#) | [next](#)

#### § 571.111 Standard No. 111; Rear visibility.

S1. *Scope.* This standard specifies [requirements](#) for rear visibility devices and systems.

S2. *Purpose.* The purpose of this standard is to reduce the number of deaths and injuries that occur when the [driver](#) of a motor vehicle does not have a clear and reasonably unobstructed view to the rear.

S3. *Application.* This standard applies to [passenger](#) cars, multipurpose [passenger vehicles](#), trucks, buses, school buses, [motorcycles](#) and low-speed [vehicles](#).

S4. *Definitions.*

*Backing event* means an amount of time which starts when the vehicle's direction selector is placed in reverse, and ends at the manufacturer's choosing, when the vehicle forward motion reaches:

- (a) a speed of 10 mph,
- (b) a distance of 10 meters traveled, or
- (c) a continuous duration of 10 seconds.

*Convex mirror* means a mirror having a curved reflective surface whose shape is the same as that of the exterior surface of a section of a sphere.

*Effective mirror surface* means the portions of a mirror that reflect images, excluding the mirror [rim](#) or mounting brackets.

*Environmental test fixture* means a device designed to support the [external components](#) of the [rear visibility system](#) for testing purposes, using any factory seal which would be used during normal vehicle operation, in a manner that simulates the on-vehicle component orientation during normal vehicle operation, and prevents the exposure of any test conditions to portions of the [external component](#) which are not [exposed](#) to the outside of the motor vehicle.

*External component* means any part of the [rear visibility system](#) which is [exposed](#) to the outside of the motor vehicle.

*Key* means a physical device or an electronic code which, when inserted into the [starting system](#) (by physical or electronic means), enables the vehicle

*Limited line manufacturer* means a manufacturer that sells three or fewer carlines, as that term is defined in [49 CFR 583.4](#), in the United States during a production year, as that term is defined in S15.

*Rearview image* means a visual image, detected by means of a single source, of the area directly behind a vehicle that is provided in a single location to the vehicle operator and by means of indirect vision.

*Rear visibility system* means the set of devices or components which together perform the function of producing the [rearview image](#) as required under this standard.

*Small manufacturer* means an original vehicle manufacturer that produces or assembles fewer than 5,000 [vehicles](#) annually for sale in the United States.

*Starting system* means the vehicle system used in conjunction with the [key](#) to activate the engine or motor.

*Unit magnification mirror* means a plane or flat mirror with a reflective surface through which the angular [height](#) and width of the image of an object is equal to the angular [height](#) and width of the object when viewed directly at the same distance except for flaws that do not exceed normal manufacturing tolerances. For the purposes of this regulation a prismatic day-night [adjustment](#) rearview mirror one of whose positions provides unit magnification is considered a [unit magnification mirror](#).

#### S5. Requirements for passenger cars.

S5.1 *Inside rearview mirror*. Each [passenger car](#) shall have an inside rearview mirror of unit magnification.

S5.1.1 *Field of view*. Except as provided in S5.3, the mirror shall provide a [field of view](#) with an included horizontal angle measured from the projected eye point of at least 20 degrees, and a sufficient vertical angle to provide a view of a level road surface extending to the horizon beginning at a point not greater than 61 m to the rear of the vehicle when the vehicle is occupied by the [driver](#) and four [passengers](#) or the designated occupant capacity, if less, based on an average occupant weight of 68 kg. The [line](#) of sight may be partially obscured by seated occupants or by head restraints. The location of the [driver's](#) eye reference points shall be those established in Motor Vehicle Safety [Standard No. 104 \(§ 571.104\)](#) or a nominal location appropriate for any 95th percentile male [driver](#).

S5.1.2 *Mounting*. The mirror mounting shall provide a stable support for the mirror, and shall provide for mirror [adjustment](#) by tilting in both the horizontal and vertical directions. If the mirror is in the [head impact area](#), the mounting shall deflect, collapse or break away without leaving sharp edges when the reflective surface of the mirror is subjected to a force of 400 N in any forward direction that is not more than 45° from the forward longitudinal direction.

#### S5.2 *Outside rearview mirror - driver's side*.

S5.2.1 *Field of view*. Each [passenger car](#) shall have an outside mirror of unit magnification. The mirror shall provide the [driver](#) a view of a level road surface extending to the horizon from a [line](#), perpendicular to a longitudinal plane tangent to the [driver's](#) side of the vehicle at the widest point,

surface extending to the horizon from a [line](#), perpendicular to a longitudinal plane tangent to the [driver's](#) side of the vehicle at the widest point, extending 2.4 m out from the tangent plane 10.7 m behind the [driver's](#) eyes, with the seat in the rearmost position. The [line](#) of sight may be partially obscured by rear body or fender contours. The location of the [driver's](#) eye reference points shall be those established in Motor Vehicle Safety [Standard No. 104 \(§ 571.104\)](#) or a nominal location appropriate for any 95th percentile male [driver](#).

S5.2.2 *Mounting.* The mirror mounting shall provide a stable support for the mirror, and neither the mirror nor the mounting shall protrude farther than the widest part of the vehicle body except to the extent necessary to produce a [field of view](#) meeting or exceeding the [requirements](#) of S5.2.1. The mirror shall not be obscured by the unwiped portion of the windshield, and shall be adjustable by tilting in both horizontal and vertical directions from the [driver's](#) seated position. The mirror and mounting shall be free of sharp points or edges that could contribute to pedestrian injury.

S5.3 *Outside rearview mirror passenger's side.* Each [passenger car](#) whose inside rearview mirror does not meet the [field of view requirements](#) of S5.1.1 shall have an outside mirror of unit magnification or a [convex mirror](#) installed on the [passenger's](#) side. The mirror mounting shall provide a stable support and be free of sharp points or edges that could contribute to pedestrian injury. The mirror need not be adjustable from the [driver's](#) seat but shall be capable of [adjustment](#) by tilting in both horizontal and vertical directions.

S5.4 *Convex mirror requirements.* Each motor vehicle using a [convex mirror](#) to meet the [requirements](#) of S5.3 shall comply with the following requirements:

S5.4.1 When each [convex mirror](#) is tested in accordance with the procedures specified in S12. of this standard, none of the radii of curvature readings shall deviate from the average radius of curvature by more than plus or minus 12.5 percent.

S5.4.2 Each [convex mirror](#) shall have permanently and indelibly marked at the lower edge of the mirror's reflective surface, in letters not less than 4.8 mm nor more than 6.4 mm high the words "Objects in Mirror Are Closer Than They Appear."

S5.4.3 The average radius of curvature of each such mirror, as determined by using the procedure in S12., shall be not less than 889 mm and not more than 1,651 mm.

S5.5 *Rear visibility.*

**(a) Phase-in period requirements.** For [passenger cars](#) with a GVWR of 4,536 kg or less manufactured on or after May 1, 2016, but not later than April 30, 2018, a percentage of each manufacturer's production, as specified in S15, shall display a [rearview image](#) meeting the [requirements](#) of S5.5.1.

**(b) Final requirements.** Each [passenger car](#) with a GVWR of 4,536 kg or less manufactured on or after May 1, 2018, shall display a [rearview image](#) meeting the [requirements](#) of S5.5.1 through S5.5.7.

S5.5.1 *Field of view.* When tested in accordance with the procedures in S14.1, the [rearview image](#) shall include:

**(a)** A minimum of a 150-mm wide portion along the circumference of each test object located at positions F and G specified in S14.1.4; and

**(b)** The full width and [height](#) of each test object located at positions A through E specified in S14.1.4.

S5.5.2 *Size*. When the [rearview image](#) is measured in accordance with the procedures in S14.1, the calculated visual angle subtended by the horizontal width of

- (a) All three test objects located at positions A, B, and C specified in S14.1.4 shall average not less than 5 minutes of arc; and
- (b) Each individual test object (A, B, and C) shall not be less than 3 minutes of arc.

S5.5.3 *Response time*. The [rearview image](#) meeting the [requirements](#) of S5.5.1 and S5.5.2, when tested in accordance with S14.2, shall be displayed within 2.0 seconds of the start of a [backing event](#).

S5.5.4 *Linger time*. The [rearview image](#) meeting the [requirements](#) of S5.5.1 and S5.5.2 shall not be displayed after the [backing event](#) has ended.

S5.5.5 *Deactivation*. The [rearview image](#) meeting the [requirements](#) of S5.5.1 and S5.5.2 shall remain visible during the [backing event](#) until either, the [driver](#) modifies the view, or the vehicle direction selector is removed from the reverse position.

S5.5.6 *Default view*. The [rear visibility system](#) must default to the [rearview image](#) meeting the [requirements](#) of S5.5.1 and S5.5.2 at the beginning of each [backing event](#) regardless of any modifications to the [field of view](#) the [driver](#) has previously selected.

S5.5.7 *Durability*. The [rear visibility system](#) shall meet the [field of view](#) and image size [requirements](#) of S5.5.1 and S5.5.2 after each durability test specified in S14.3.1, S14.3.2, and S14.3.3.

S6. *Requirements for multipurpose passenger vehicles, low-speed vehicles, trucks, buses, and school buses with GVWR of 4,536 kg or less.*

S6.1 Each [multipurpose passenger vehicle](#), [truck](#) and [bus](#), other than a [school bus](#), with a GVWR of 4,536 kg or less shall have either -

- (a) Mirrors that conform to the [requirements](#) of S5.; or
- (b) Outside mirrors of unit magnification, each with not less than 126 cm<sup>2</sup> of reflective surface, installed with stable supports on both sides of the vehicle, located so as to provide the [driver](#) a view to the rear along both sides of the vehicle, and adjustable in both the horizontal and vertical directions to view the rearward scene.

S6.2 *Rear visibility.*

(a) **Phase-in period requirements.** For multipurpose [passenger vehicles](#), low-speed [vehicles](#), trucks, buses, and [school buses](#) with a GVWR of 4,536 kg or less manufactured on or after May 1, 2016, but not later than April 30, 2018, a percentage of each manufacturer's production, as specified in S15, shall display a [rearview image](#) meeting the [requirements](#) of S6.2.1.

(b) **Final requirements.** Each [multipurpose passenger vehicle](#), [low-speed vehicle](#), [truck](#), [bus](#), and [school bus](#) with a GVWR of 4,536 kg or less manufactured on or after May 1, 2018, shall display a [rearview image](#) meeting the [requirements](#) of S6.2.1 through S6.2.7.

S6.2.1 *Field of view*. When tested in accordance with the procedures in S14.1, the [rearview image](#) shall include:

- (a) A minimum of a 150-mm wide portion along the circumference of each test object located at positions F and G specified in S14.1.4; and
- (b) The full width and height of each test object located at positions A through E specified in S14.1.4.

S6.2.2 *Size*. When the rearview image is measured in accordance with the procedures in S14.1, the calculated visual angle subtended by the horizontal width of

- (a) All three test objects located at positions A, B, and C specified in S14.1.4 shall average not less than 5 minutes of arc; and
- (b) Each individual test object (A, B, and C) shall not be less than 3 minutes of arc.

S6.2.3 *Response time*. The rearview image meeting the requirements of S6.2.1 and S6.2.2, when tested in accordance with S14.2, shall be displayed within 2.0 seconds of the start of a backing event.

S6.2.4 *Linger time*. The rearview image meeting the requirements of S6.2.1 and S6.2.2 shall not be displayed after the backing event has ended.

S6.2.5 *Deactivation*. The rearview image meeting the requirements of S6.2.1 and S6.2.2 shall remain visible during the backing event until either, the driver modifies the view, or the vehicle direction selector is removed from the reverse position.

S6.2.6 *Default view*. The rear visibility system must default to the rearview image meeting the requirements of S6.2.1 and S6.2.2 at the beginning of each backing event regardless of any modifications to the field of view the driver has previously selected.

S6.2.7 *Durability*. The rear visibility system shall meet the field of view and image size requirements of S6.2.1 and S6.2.2 after each durability test specified in S14.3.1, S14.3.2, and S14.3.3.

S7. *Requirements for multipurpose passenger vehicles and trucks with a GVWR of more than 4,536 kg and less than 11,340 kg and buses, other than school buses, with a GVWR of more than 4,536 kg.*

S7.1 Each multipurpose passenger vehicle and truck with a GVWR of more than 4,536 kg and less than 11,340 kg and each bus, other than a school bus, with a GVWR of more than 4,536 kg shall have outside mirrors of unit magnification, each with not less than 323 cm<sup>2</sup> of reflective surface, installed with stable supports on both sides of the vehicle. The mirrors shall be located so as to provide the driver a view to the rear along both sides of the vehicle and shall be adjustable both in the horizontal and vertical directions to view the rearward scene.

S8. *Requirements for multipurpose passenger vehicles and trucks with a GVWR of 11,340 kg or more.*

S8.1 Each multipurpose passenger vehicle and truck with a GVWR of 11,340 kg or more shall have outside mirrors of unit magnification, each with not less than 323 cm<sup>2</sup> of reflective surface, installed with stable supports on both sides of the vehicle. The mirrors shall be located so as to provide the driver a view to the rear along both sides of the vehicle and shall be adjustable both in the horizontal and vertical directions to view the rearward scene.

S9. *Requirements for School Buses*. When a school bus is tested in accordance with the procedures of S13, it shall meet the requirements of S9.1

7.19. Anexo 19: Normalización, Instituto Ecuatoriano de, «INEN 1323 VEHÍCULOS AUTOMOTORES CARROCERIAS DE BUSES.» Quito, 2009, p. 14.



## INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1323:2009**  
**Primera revisión**

---

### **VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS.**

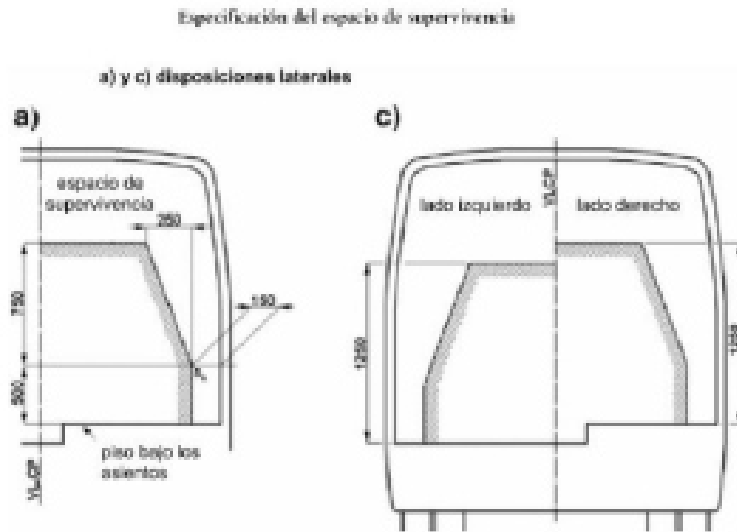
**Primera Edición**

ROAD VEHICLES. BUS BODIES. REQUIREMENTS

First Edition

---

**DESCRIPTORES:** Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos  
MC 01.01-401  
ODJ: 629.11.011.6  
CUI: 3843  
ICS: 43.020.60

**FIGURA 1. Vista transversal del espacio de supervivencia. (Ver nota 2)**

**NOTA 2.** El objetivo de las figuras 1 y 2 es indicar las dimensiones en milímetros del espacio de supervivencia. Las figuras 1 y 2 no están relacionadas con una forma geométrica o distribución de asientos específica en las carrocerías.

(Continúa)



## 5. REQUISITOS

### 5.1 Estructura de las carrocerías de buses

**5.1.1 Cargas de Diseño.** Para el análisis cuasi estático de la estructura de la carrocería se aplicarán las cargas especificadas en el presente numeral.

**5.1.1.1 Cargas vivas.** Se determinarán de acuerdo con la tabla 1.

**TABLA 1.** Cargas vivas de diseño.

TIPO DE SERVICIO (ver nota 3)	MASA DE UN OCUPANTE (kg)	MASA MINIMA DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg)	MASA MINIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg) (ver nota 4)	ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m <sup>2</sup> )
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano (escolar e institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interurbano (Intraprovincial)	70	5	100 x Vol	0,16
Larga Distancia (Interprovincial y turismo)	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

**5.1.1.2 Carga de Giro (G).** Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva de determinado radio de giro y a cierta velocidad. Esta fuerza centrífuga deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del bus a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 km/h y el radio de giro se establece en función de la tabla 2.

**TABLA 2.-** Velocidades, radios mínimos y peraltes en carretera. (Ver Nota 5)

Velocidad (del vehículo) (km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)	Peralte (%)
80	250	8
85	300	
90	350	
95	400	
100	450	
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

NOTA 3.- De acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente y al Reglamento de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre vigente.

NOTA 4.- Vol.- Volumen de las bodegas portaequipajes en m<sup>3</sup>

NOTA 5.- Tabla determinada al documento Norma 3.1-IC

(Continúa)

**5.1.1.3 Carga de frenado (F).** Se asume una desaceleración mayor o igual a  $4 \text{ m/s}^2$  (ver Nota 6).

**5.1.1.4 Carga de aceleración brusca ( $A_a$ ).** Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

**5.1.1.5 Carga por resistencia del aire frontal ( $R_a$ ).** Se la aplicará como la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$Raf = (1/2) \times (Cx) \times \rho \times Af \times V^2$$

Donde:

$R_a$  = Carga por resistencia Aerodinámica, en (N).

$\rho$  = Densidad del aire, en ( $\text{kg/m}^3$ ).

$V$  = Velocidad del aire, en (m/s). (Como mínimo 25 m/s).

$Af$  = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en ( $\text{m}^2$ ).

$Cx$  = Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7)

**5.1.2 Combinaciones de cargas básicas.** Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base al menos a las siguientes combinaciones de cargas básicas:

**5.1.2.1 Según método ASD (Allowable strength design)**

1: M

2: M + V

3: M + V + G

4: M + V + F

5: M + V + F +  $R_a$

6: M + V +  $R_a$

7: M + V +  $A_a$

8: M + V +  $A_a$  +  $R_a$

**5.1.2.2 Según método LRFD (Load resistance factor design)**

1: 1,4M+V

2: 1,2M + 1,6V + 0,5G

3: 1,2M + 0,5V + 1,6G

4: 1,2M + 1,6F + 0,8  $R_a$

5: 1,2M + 0,5 V + 0,5F + 1,3 $R_a$

6: 1,2M + 1,5 $A_a$  + 0,5V

7: 0,9M – 1,3 $R_a$

8: 0,9M + 1,3 $R_a$

**5.1.3 Factores.** Los factores a utilizarse según el método ASD o LRFD serán los indicados en: Specification for Structural Steel Buildings (AISC) y North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members (AIS).

**5.1.4 Las cargas combinadas,** según los dos métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a 1/240 veces su longitud.

**NOTA 6.** De acuerdo con el Ensayo del Tipo 0 con motor embragado para vehículos clase N de la DIRECTIVA 98/12/CE DE LA COMISIÓN EUROPEA, Anexo 2, Ensayos de frenado y rendimiento de los dispositivos de frenado.

(Continúa)

**5.1.5 Resistencia de la estructura.** Las estructuras de carrocerías deberán cumplir las siguientes condiciones:

**5.1.5.1** Debe resistir una carga estática sobre el techo, equivalente al cincuenta por ciento (50%) del peso máximo admisible para el chasis, distribuido uniformemente a lo largo del mismo, sin experimentar deformaciones en ningún punto, que superen los setenta milímetros (70 mm).

**5.1.5.2** Durante el ensayo de resistencia de la estructura o ni una vez finalizado el mismo, la estructura de la carrocería debe resistir para que el espacio de supervivencia no resulte invadido según el alcance del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure de las Naciones Unidas. (Ver Nota 7)

**5.1.6 Materiales de la estructura.** Deben ser perfiles estructurales protegidos contra la corrosión que cumplan con las NTE INEN correspondientes vigentes. (Ver nota 8).

**5.1.7 Soldadura de carrocerías.** Las carrocerías de buses deben soldarse de acuerdo con las normas vigentes AWS D8.8 para componentes de acero y/o AWS D8.14 para componentes de aluminio.

**5.1.7.1** El proceso y procedimiento de soldadura será calificado de acuerdo con las normas vigentes AWS D1.3 para acero, AWS D1.2 para aluminio y AWS D1.6 para acero inoxidable.

**5.1.8 Manuales.** El fabricante de carrocerías debe disponer y aplicar la información indicada en los manuales de fabricación y montaje de carrocerías provistos por el fabricante de chasis. Para ello el fabricante de chasis debe entregar obligatoriamente dichos manuales específicos para cada modelo de chasis.

**5.2 Unión chasis-carrocería.** Las uniones entre el chasis y la carrocería se realizarán siguiendo exclusivamente las recomendaciones del fabricante del chasis para bus de transporte de pasajeros, indicadas en su manual de fabricación y montaje de carrocerías de buses.

**5.3 Documentos técnicos.** El proveedor de carrocerías debe disponer de memorias de cálculo estructural, listado de materiales, planos de construcción dimensionales, eléctricos, y neumáticos; para cada modelo de carrocería y chasis. El formato de los planos debe cumplir con el CPE INEN 03 Código de Dibujo Técnico-Mecánico.

**5.4 Vidrios de seguridad.** Los vidrios deben cumplir con la NTE INEN 1669 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

**5.5 Elementos de seguridad.** Las carrocerías de buses deben cumplir con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

**5.6** Los dispositivos de alumbrado, espejos retrovisores y señalización luminosa deben cumplir con la NTE INEN 1 155 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

#### **5.7 Otros Requisitos**

**5.7.1 Superficies de pisos y áreas de entrada y salida.** Deben ser de material antideslizante.

**5.7.2 Equipo e instalación eléctrica.** Deben cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.2 y 7.5.3 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver anexo A).

**5.7.3 Pintura.** Debe cumplir con las NTE INEN correspondientes vigentes (ver nota 8).

**NOTA 7.** Mientras no exista un documento normativo INEN equivalente

**NOTA 8.** En el caso de no existir Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN se deben utilizar las normas o reglamentos equivalentes de reconocido prestigio, tales como: ASTM, DIN, JIS, ANSI.

(Continúa)

**7.20. Anexo 20: J. Cepeda, «ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL AUTOBÚS FELINE PARA LA EMPRESA CARROCERA MIRAL BUSES.» 07 Abril 2006.**

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL  
SISTEMA ESTRUCTURAL DEL AUTOBÚS FELINE PARA LA  
EMPRESA CARROCERA MIRAL BUSES.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**JORGE LUIS CEPEDA MIRANDA**

**DIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO S.**

**CODIRECTOR: ING. JOSÉ PÉREZ R.**

**ABRIL, 2006**

Se producen durante giros rápidos donde la unidad está sometida a una aceleración centrífuga que permite seguir la trayectoria de la curva. A consecuencia de ello, la estructura estará sometida a una fuerza centrífuga que cargará los paneles y columnas de la misma y los ocupantes constatarán los efectos de una fuerza centrípeta que tiene tendencia a sacarlos de su ubicación.

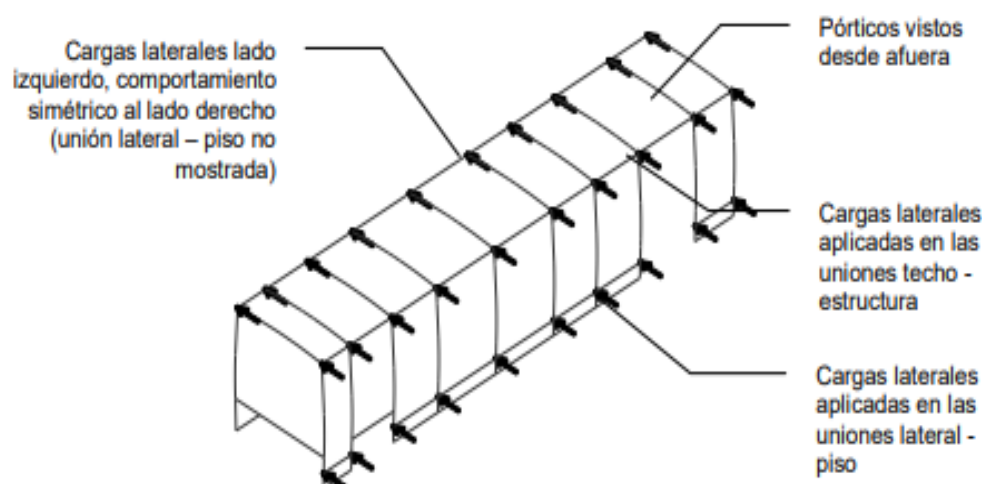


Fig. 2.31 Comportamiento de las cargas laterales. La figura muestra la parte externa de la estructura, no se incluye el interior

#### 2.1.4.7.4 Cargas de frenado.

Se presentan cuando el vehículo es sometido a una aceleración negativa (sentido contrario al movimiento) dando como resultado la presencia de este tipo de fuerzas que actúan empujando la estructura en el sentido del movimiento original debido a la inercia de la unidad. Del mismo modo, cuando el vehículo experimenta aceleraciones en el mismo sentido del movimiento, se presentan cargas hacia atrás que se oponen al mismo, por el motivo descrito.

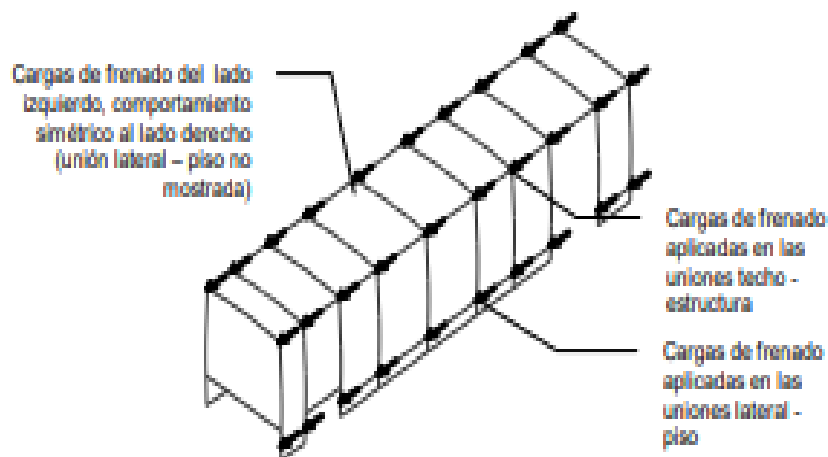


Fig. 2.32 Comportamiento de las cargas de frenado. La figura muestra la parte externa de la estructura, no se incluye el interior

*Criterio de magnitud y dirección (fuerzas dinámicas).*

Al analizar y diseñar una estructura para carrocería de bus es importante comprender que tiene que resistir todas las fuerzas dinámicas que se generen durante la marcha del vehículo<sup>17</sup>.

#### 2.1.4.7.5 Fuerzas verticales<sup>18</sup>.

Origen.

Las fuerzas dinámicas verticales se forman a causa de las aceleraciones debidas a los movimientos de la suspensión. También al tomar las curvas aparecen fuerzas verticales que actúan sobre los costados de la carrocería y vigas sobresalientes.

Absorción y propagación en la parte posterior de la estructura.

<sup>17</sup> Ref. [7]  
<sup>18</sup> Ref. [45]

Las fuerzas verticales en la parte posterior de la carrocería son absorbidas por el eje trasero a través las ballestas de la suspensión. Se propagan desde las fijaciones posteriores de la suspensión y desde el voladizo de la carrocería, pasando por los largueros del piso, saliendo y subiendo por los costados de la carrocería y siguiendo hacia adelante a las vigas bajo las cuales están montadas las ballestas del eje trasero.

Es claro que las fuerzas han de pasar también desde el costado de la carrocería a través de los largueros del piso para llegar a la suspensión, ballesta y amortiguador.

Como caso extremo pueden aparecer torsiones, por ejemplo, al conducir por malos caminos si la rueda delantera de un lado y la posterior del otro lado son comprimidas al mismo tiempo contra el tope de las ballestas.



Fig. 2.33 Fuerzas verticales en la parte posterior de la estructura

Absorción y propagación de fuerzas verticales en la parte delantera de la estructura.

7.21. Anexo 21: F. Gonzáles, «ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA CARROCERÍA DE UN OMNIBUS,» 2018.

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**"ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA  
CARROCERÍA DE UN ÓMNIBUS ARTICULADO VOLKSWAGEN - IRON  
BUS - MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE DE ANÁLISIS DE  
ELEMENTOS FINITOS ANSYS, PARA LA COMPROBACIÓN DE SU  
RESISTENCIA ESTRUCTURAL"**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**ARIAS GONZALES, FELIX WILLIAMS**

**Villa El Salvador**

**2018**



## INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Lima se concentra la mayor parte de la actividad económica, política y social; todas estas actividades demandan una gran cantidad de personas en transporte, según las estadísticas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, indican que el transporte público es lento, inseguro, contaminante y muy ineficiente. El servicio público se caracteriza por un exceso de oferta informal, lo cual genera congestión, demora en los desplazamientos y competencia ruinosa. Lima tiene una población mayor a los nueve millones de habitantes, lo cual ha generado que se convierta en una ciudad altamente poblada a causa del elevado índice de migración a la capital. Por ende, es necesario buscar mecanismos adecuados para cubrir su demanda con un sistema de calidad.

Es por ello, que la Municipalidad de Lima, tiene la finalidad de lograr acciones orientadas a transformar el transporte en la capital, por un sistema de mejor calidad y mayor eficacia, que traslade una gran masa de población, con un menor tiempo de recorrido y respetando las normas técnicas peruanas; estas características las cumple a cabalidad un OMNIBUS ARTICULADO VOLKSWAGEN - IRON BUS.

MODASA dedicada al carrozado de autobuses, es una empresa sólida con alto sentido de responsabilidad y solidaridad social, con altos estándares de seguridad para los usuarios y comprometida con el medio ambiente, ha decidido incorporar la más avanzada tecnología para desarrollar un prototipo de bus articulado utilizando el programa ANSYS (elementos finitos) el más preciso para este tipo de diseño, con el objetivo de analizar los puntos críticos de la carrocería para comprobar su resistencia estructural, con ello se verificará que los valores del esfuerzo no sobrepasen la fluencia del material y así cumplan las normas técnicas peruanas.

La estructura que se ha seguido en este proyecto se compone de 2 capítulos.

El primer capítulo comprende el desarrollo de la metodología de modelado y simulación de la estructura para el análisis estático, a través de los fundamentos teóricos del método del elemento finito, el desarrollo de un ensayo estructural virtual, así como los materiales utilizados, la distribución de carga y las fuerzas actuantes en una estructura.

En la actualidad se está preparando la habilitación de un corredor vial que utilizará un túnel recientemente construido debajo del cauce del río Rímac y para este proyecto MODASA está desarrollando un ómnibus articulado que será denominado "IRON BUS", para lo cual se utilizará un chasis Volkswagen equipado con un motor a gas natural y con una carrocería diseñada para cumplir los requisitos planteados por la Municipalidad de Lima.

Este "IRON BUS" está calificado con la norma Euro 5, no contaminante (regula la emisión de gases contaminantes), que transportará 160 pasajeros, con una longitud de 18,7 metros, respetando el aforo de tránsito según norma técnica peruana (N.T.P 383.070) para cada pasajero abordo, que sea limpio, económico y seguro estructuralmente.

Para el diseño estructural de esta carrocería, se desarrollará virtualmente un módulo experimental de acuerdo a lo señalado en la norma técnica peruana de buses interprovinciales (N.T.P 383.070) para seguidamente realizar, mediante el uso del software de análisis de elementos finitos-ANSYS, un ensayo estructural virtual de los puntos críticos de la estructura para verificar el cumplimiento de la mencionada norma técnica, garantizando la seguridad integral de las personas que viajen en este vehículo.

## **1.2 Justificación del proyecto**

Con la realización de este trabajo se ofrece el diseño de una estructura de un bus articulado "Linea Amarilla" analizada y optimizada en cuanto a las características mecánicas y estructurales, utilizando la simulación numérica de elementos finitos como principal herramienta para ello.

Se escogió esta herramienta de simulación de estructuras, ya que brindó la solución de optimizar los procesos de desarrollo de prototipos. Con la implementación de este software-ANSYS se redujeron los tiempos, para no realizar manualmente tediosas operaciones y obtener así una velocidad de cálculo en simulación compleja, también se disminuyó el coste necesario (horas-hombre, prueba-error de prototipo, etc.) con el fin de favorecer la innovación de nuevos diseños, además brinda los valores obtenidos en las simulaciones, en graficas muy diferenciadas (cuadro de barra de deformaciones), para la fácil interpretación y una rápida toma de decisiones.

Con la simulación del diseño se logró ubicar zonas de la estructura que tienen una mayor concentración de esfuerzos y desplazamientos, por mencionar algunas simulaciones, debidas a la carga viva y muerta, condiciones lineales consideradas en el diseño, además se verificó que las cargas sobre el techo de la estructura y la carga horizontal en anillos no sobrepasen los valores del esfuerzo a la fluencia del material.

Los resultados obtenidos permitieron analizar dichas zonas y así poder evitar el mayor número de complicaciones una vez que se construya un prototipo de esta unidad. Con ello se garantizará la seguridad integral de los pasajeros a bordo, asegurando el cumplimiento de la normativa técnica peruana y el manual del fabricante.

Se asegurará además la calidad del proceso de fabricación y la durabilidad de los materiales y componentes empleados en su construcción, que garantizan la fortaleza y resistencia de los diseños con el paso del tiempo.

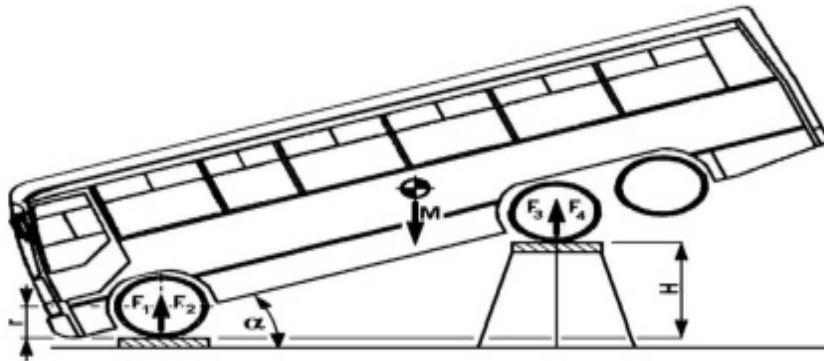
### **1.3 Delimitación del proyecto**

#### **1.3.1 Teórica**

El proyecto solo abarcará el diseño estructural virtual conformado por un ensayo modular experimental y el análisis de las deformaciones en los puntos críticos de la estructura, aplicado a un bus articulado en la marca Volkswagen a gas natural, mediante el sistema ANSYS (software de elementos finitos) y su complemento SOLIDWORKS, para verificar el cumplimiento de la mencionada norma técnica. En esta simulación serán medidos los esfuerzos de carga en el piso, en un lateral (lado con mayor cantidad de pórticos) y techo. Los materiales a considerar en el módulo experimental serán: las placas de amarre y refuerzo cerca al techo y lateral, canales laminados para durmientes de piso, forros laterales y piso, planchas perforadas en lateral superior y tubos cuadrados y rectangulares. Cabe señalar que estos componentes son los que soportan los mayores valores de carga viva y muerta.

No formará parte de este proyecto, los cálculos matemáticos de análisis estructural en un bus, tampoco será parte, los cálculos matemáticos de fuerzas internas de cada material y cálculos de estabilidad del centro de gravedad, no se realizarán

**Figura 4:** Determinación de la altura del centro de gravedad



### 2.2.3 Materiales seleccionados por el fabricante

La fabricación de un autobús comienza por la construcción de una superestructura constituida por perfiles tubulares de acero de alto límite elástico de sección hueca, cuadrada o rectangular (PTR, PTC), galvanizado o negro, de calibres 14 y 12, que se convertirá en el esqueleto del vehículo, estos perfiles ofrecen una considerable resistencia mecánica y un peso por unidad de dimensión reducido debido a que la sección es hueca. Por otra parte, debido a su geometría regular, este tipo de perfiles son muy fáciles de utilizar.

Cortados todos los perfiles a la medida de ensamblaje, se unirán de forma modular e independiente: laterales, frontal, trasero y techo, (Véase la figura 05) para posteriormente, proceder a la unión de todos los módulos. Las uniones y ensamblajes se realizan mediante soldadura, creando una estructura auto portante a la que se fijan los conjuntos mecánicos; por último, se colocan los paneles y reviste, tanto exterior como interiormente.

**Figura 9:** Forro de estructura con fibra de vidrio y planchas de aluminio



### 2.2.5 Fundamentos teóricos en deformaciones

Una de las tareas fundamentales del ingeniero consiste en el análisis y cálculo, esto es la predicción cuantitativa del comportamiento de un sistema tecnológico o un proceso para proceder a un diseño eficiente o para cumplir con especificaciones de producción. Es por lo que la **deformación** se debe considerar como un aspecto fundamental en el análisis de nuestra simulación planteada.

La **deformación** es el cambio geométrico que experimenta un cuerpo no rígido bajo la acción de las fuerzas externas y de volumen o de inercia que a él se aplican; al deformarse un cuerpo, las partículas cambian de posición.

El análisis de las deformaciones se relaciona con los cambios en la forma de la estructura que generan las cargas aplicadas. Una barra sometida a una fuerza axial de tracción aumentará su longitud inicial; se puede observar que, bajo la misma carga, pero con una longitud mayor este aumento o alargamiento se incrementará también.

La deformación sería el cociente:

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (7)$$

Dónde:

$\epsilon$  = Deformación.

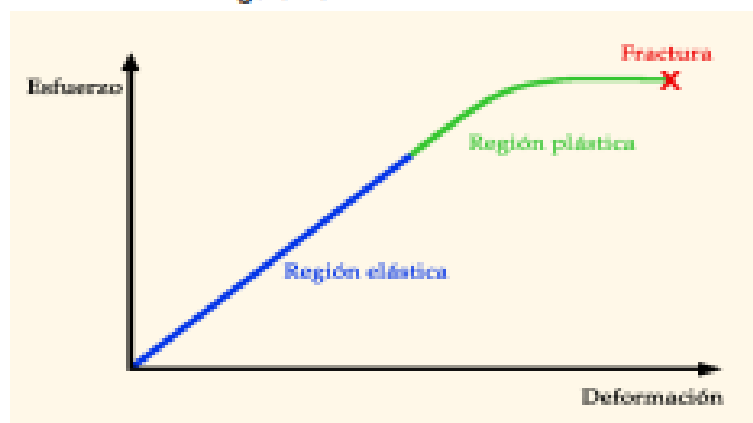
$\delta$  = Alargamiento.

$L$  = Longitud inicial

Lo que indica que sobre la barra la deformación es la misma porque si aumenta  $L$  también aumentaría  $\delta$ . Al observar la ecuación se obtiene que la deformación sea un valor adimensional siendo el orden de magnitud en los casos del análisis estructural alrededor de 0.001 (alargamiento del 0.1 por ciento de la longitud inicial).

El diseño de elementos estructurales implica determinar la resistencia y rigidez del material estructural, estas propiedades se pueden relacionar si se evalúa una barra sometida a una fuerza axial para la cual se registra simultáneamente la fuerza aplicada y el alargamiento producido (Véase la figura 10). Estos valores permiten determinar el esfuerzo y la deformación, que al graficar originan la denominada fractura.

Figura 10: Esfuerzo-deformación



Los puntos importantes del diagrama de esfuerzo-deformación (Figura 11) son:

**Limite de proporcionalidad:** Hasta este punto la relación entre el esfuerzo y la deformación es lineal.

**Esfuerzo de fluencia:** Aparece en el diagrama un considerable alargamiento o cedencia sin el correspondiente aumento de carga.

**Esfuerzo último:** Máxima ordenada del diagrama esfuerzo– deformación.

**Región lineal:** la deformación es directamente proporcional al esfuerzo.

**Plasticidad perfecta o fluencia:** la superficie de fluencia depende únicamente de las tensiones — no cambia de tamaño durante el proceso de carga.

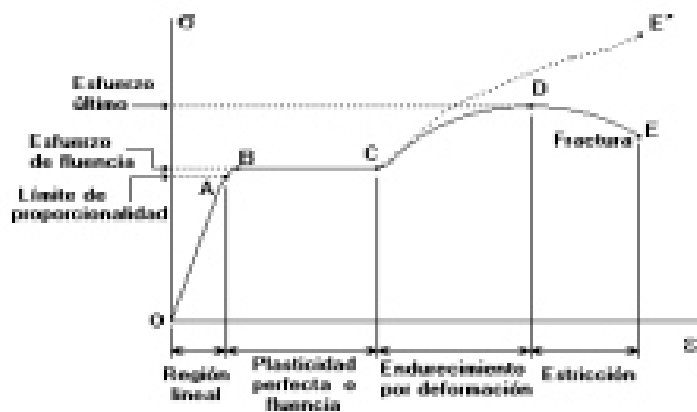
**Límite de Elasticidad:** Más allá de este límite el material no recupera su forma original al ser descargado, quedando con una deformación permanente

**Endurecimiento por deformación:** aumento de las dislocaciones en la estructura causando deformación en sus granos.

**Estricción:** Es la reducción de la sección que sufre el material en la zona de rotura.

**Punto de fractura:** Cuando el material falla.

Figura 11: Diagrama esfuerzo-deformación



En el diagrama esfuerzo–deformación, la línea recta indica que la deformación es directamente proporcional al esfuerzo en el tramo elástico, este principio es conocido como la *Ley de Hooke*.

$$E = \frac{\delta}{\epsilon} \quad (8)$$

7.22. Anexo 22: N. L. R. V. Cristofer Cardenas, «Deflexiones,» Accelerating the world's research, p. 23, 2007.

## ACADEMIA

Accelerating the world's research.

# DEFLEXIONES INTEGRANTES: VAQUIN MALLADARES BILL UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOG...

Marcelo J. Delgado P.

DEFLEXIONES

### Related papers

[Download a PDF Pack of the best related papers](#) 



**FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR**

Hugo P.

UNIVERSIDAD DE CARABOBO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL T EDRÍA Y PRÁC...

Ivan Díaz

Séptima edición

DANIEL MENA GONZALEZ



- **DEFINICION DE DEFLEXIONES**

La deflexión es el grado en el que un elemento estructural se desplaza bajo la aplicación de una fuerza o carga. La deflexión se determina aplicando las leyes que relacionan las fuerzas y desplazamientos, para ello se utilizan dos métodos de cálculo los geométricos y los de energía.

Aunque en vigas y marcos las deformaciones se presentan principalmente por flexión, las deformaciones por esfuerzos axiales en columnas de marcos y las deformaciones por cortante, sobre todo en elementos altos o profundos no dejan de ser importantes. En armaduras y cerchas las **deflexiones** se presentan por la combinación de las deformaciones por carga axial en cada uno de los elementos que la componen.

- **CAUSAS QUE LAS PROVOCAN**

- La edad de los pasos elevados.
- Pérdidas que se acentúan a lo largo del tiempo
- Pérdida de la fuerza  $F_0$  de tensión.
- Deformación Plástica del Concreto
- Criterios de Diseño de la época no contemplaron posiblemente
- La Saturación Vehicular, fruto del crecimiento acelerado de la ciudad.
- La rigidez del tablero.
- La inercia del tablero está proporcionada casi en su totalidad por las vigas T invertida.
- La contribución de la losa superior es menor en comparación con la de las vigas.
- La rigidez a la flexión está determinada por el módulo de elasticidad de los materiales y por la Inercia de la sección transversal de las vigas.
- La Inercia depende mucho más de la altura que de la base de las vigas.

---

-Valores pequeños de inercia resultan en deflexiones considerables.

-La relación altura / base es cercana a 1, cuando lo que se considera normal son valores próximos a 2 en términos de relaciones de rigidez.

- **IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LAS DEFLEXIONES**

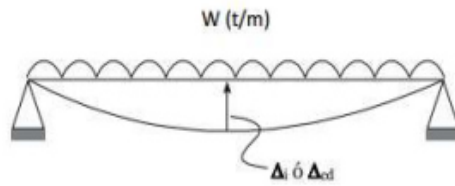
Es importante ya que las deflexiones excesivas de un miembro pueden producir daños en otros miembros estructurales, o más frecuentemente en elementos no estructurales como muros divisorios, o acarrear problemas como acumulación de agua en azoteas. Las deflexiones excesivas no son toleradas por los usuarios de la estructura, ya que producen una sensación de inseguridad, ya por razones de orden estético. El control de Deflexiones es una etapa importante en el diseño de una estructura ya que un exceso de Deflexiones estropea la apariencia de la estructura.

- **DEFLEXIONES QUE SE ORIGINAN EN ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO SOMETIDOS A CARGAS DE CORTA Y LARGA DURACION**

Las deflexiones de los elementos de concreto armado son función del tiempo y por lo tanto pueden ser de dos tipos: Instantáneas y a largo plazo.

- 1) Deflexión instantánea o de corta duración

Son las que se deben fundamentalmente al comportamiento elástico de la estructura y se producen inmediatamente después que las cargas son aplicadas, o sea en el momento de desencofrar un elemento a flexión.



### Cálculo de la deflexión instantánea

La deflexión instantánea se evalúa considerando la teoría de la resistencia de materiales y estática, debiendo prever en el cálculo una inercia representativa de las secciones fisuradas del elemento.

Una viga de concreto armado usual tiene una sección generalmente constante en lo relativo al concreto, pero variable en cuanto al refuerzo de acero colocado a lo largo del tramo; si además se tiene en cuenta que el momento actuante es variable a lo largo del elemento y que por consiguiente los niveles de fisuración son variables, y que existen otros factores que afectan la fisuración como son la contracción de fragua y el flujo plástico, se puede comprender que el cálculo de la deflexión de un elemento es en realidad una estimación de un orden de la deflexión esperada, basándose para este análisis en una inercia "representativa" y aproximada del elemento.

El código americano del ACI plantea el uso de una inercia que denomina efectiva y que es un intermedio entre la inercia de la sección bruta y la inercia de la sección fisurada.

**7.23. Anexo 23: J. Pereiras, «Linked in,» 07 Agosto 2018.**



Personas ▼

Jose Manuel

Pereiras



Este es uno de los resultados más importantes en el análisis de componentes metálicos y plásticos. Voy a ser súper simple en la explicación y tratar de evitar cuestiones académicas.

¿Qué es?

La tensión de von Mises como su nombre lo indica es una tensión, tiene la propiedad de ser un número (un escalar) que se obtiene combinando el “lio” de todas las tensiones en el espacio (tensiones en las direcciones x, y, z). Puede expresarse de la siguiente forma:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - (\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx}) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

## ¿Para qué sirve?

En el día a día cuando hago simulaciones de componentes me hago la pregunta fundamental: ¿este componente se va a romper con las cargas que le puse? Bien, para responder a esta pregunta, lo primero que hago en el 100% de los casos es algo muy simple, comparo la tensión de von Mises con la tensión máxima admisible por el material, esta puede ser la correspondiente al límite elástico. Entonces, por ejemplo, si la tensión de von Mises en un punto del componente da 300 MPa y la tensión de fluencia es 600 MPa, quiere decir que no se va a romper, es más, puedo ver que el factor de seguridad es  $600/300 = 2$ . Ahora si encuentro un punto donde la tensión de von Mises es 650 y estoy usando el mismo material, ya “luces rojas” de advertencia se prenden en mi análisis porque ahora el factor de seguridad es  $600/700 = 0.86$ . A este punto puedo tener dos caminos posibles: a) redimensiono mi componente para aumentar el factor de seguridad para que sea mayor a 1, b) realizo análisis no lineales para estudiar en profundidad el componente y ver si realmente tengo que redimensionar o puedo seguir adelante con el mismo.

## REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DE MENDOZA

---

### DEFORMACIONES DE LAS ESTRUCTURAS

**Ing. Roberto F. Morales**  
*Prof. Titular de Estructuras V*

Todo elemento estructural sometido a la acción de cargas se deforma. En la mayoría de los casos las deformaciones son imperceptibles, y deben ser medidas con el auxilio de instrumentos.

Podemos definir la deformación de un elemento estructural como una alteración del estado físico debido a una fuerza mecánica externa, a una variación de temperatura, a un cedimiento de apoyos, etc.

La deformación puede ser elástica, cuando desaparece al cesar la acción que lo produce, por lo que las partículas elementales del cuerpo vuelven a su posición inicial; y permanente, cuando persiste después de desaparecer la causa que lo ha producido. El elemento en el primer caso tiene un comportamiento **elástico** y en el segundo un comportamiento **plástico o anelástico**.

En la Naturaleza no existen deformaciones exclusivamente elásticas o exclusivamente permanentes, pues cualquier cuerpo estructural, después de ser deformado, al cesar la acción, no vuelve nunca a las condiciones iniciales; así, aplicando un esfuerzo pequeño a un cuerpo muy poco elástico, la deformación tiende a anularse al menos en parte. En la práctica diremos que el cuerpo se comporta elásticamente cuando la deformación permanente que sufre es casi imperceptible.

Para extendernos sobre las deformaciones de los elementos estructurales, vamos a clasificar los mismos y las cargas que originan las deformaciones.

### ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Definimos como elemento estructural a uno cualquiera de sus componentes, viga, losa, columna, etc. Pues si bien la estructura debe funcionar, y lo hace, como un conjunto, para un correcto análisis debemos conocer el comportamiento de cada uno de los elementos.

obtienen los valores de las solicitaciones de flexión, corte, compresión, tracción y torsión para cada uno, según su función. Salvo casos ideales teóricos, todos estos esfuerzos están presentes en cualquier elemento de una estructura, pero afortunadamente, generalmente sólo uno o dos de ellos tienen una magnitud decisiva para verificar la capacidad de resistencia del mismo.

El proceso de verificación se realiza con las dimensiones prefijadas de la estructura, se verifica la capacidad de resistencia en las secciones más solicitadas, ya sea para un solo esfuerzo o para una combinación de ellos, por ejemplo: flexión y compresión en columnas, flexión y corte en vigas. Si los esfuerzos superan su capacidad de resistencia será necesario ajustar las dimensiones de los elementos, hasta que alcancen la capacidad de resistencia necesaria. Ello implica, por supuesto, un control de los valores de los esfuerzos con las nuevas dimensiones.

## DEFORMACIONES Y CONTINUIDAD EN UNA ESTRUCTURA

Todo cuerpo sobre la Tierra está sometido a la acción de fuerzas. Una de ellas es intrínseca al mismo cuerpo, es su peso, y salvo que el cuerpo sea alejado de la Tierra no puede abstraerse a esta fuerza.

Al peso del cuerpo, se le suman otras fuerzas, y los elementos estructurales en una obra de arquitectura, están ideados para resistir esta suma de fuerzas.

Por la acción de las cargas (fuerzas) un elemento estructural se deforma. Esta deformación en magnitud y sentido, depende de la fuerza que la origina, de las dimensiones del elemento y del material usado.

Las deformaciones responden a las siguientes relaciones:

- a **mayor** carga, **mayor** deformación
- a **mayor** dimensión longitudinal (luz), **mayor** deformación
- a **mayor** sección resistente, **menor** deformación
- a **mejor** material (mayor módulo E), **menor** deformación

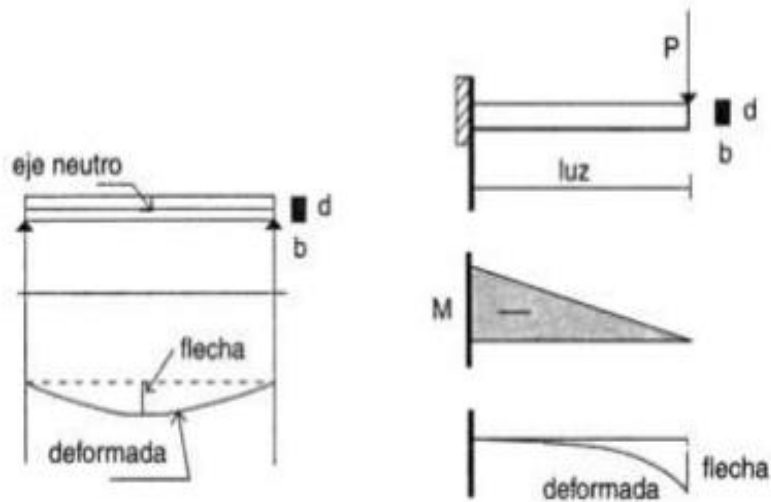
**PROCESO PARA EL DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA**



Una vez verificada la capacidad de resistencia de la estructura, por el método elástico o el método a la rotura, si los elementos estructurales cumplen con ciertas condiciones de diseño y dimensiones mínimas, exigidas por los códigos, no es necesario realizar otra verificación. Como ejemplo el dimensionamiento de una viga simple de hormigón armado cuya altura total es mayor que el límite fijado por la norma para controlar la flecha.

En general para vigas o losas de grandes luces, es conveniente calcular la flecha (máximo valor de la deformada del eje neutro de la viga), aunque las normas no lo exijan específicamente. La limitación de la flecha, a un valor máximo aceptable, nos permite controlar la utilidad del elemento estructural flexionado. De poca utilidad sería una losa con una flecha de 1 cm o más en su centro.





Veamos unos ejemplos de vigas, en los que las tensiones admisibles a flexión no es superada, pero la flecha va más allá de los valores máximos reglamentados. Para una ménsula con una carga concentrada en el extremo libre, su flecha se determina con:

$$f = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}$$

siendo E el módulo de elasticidad del material y J el momento de inercia de la sección. Si la sección es rectangular y el material estructural es homogéneo, calculamos la tensión en la sección más solicitada con:

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad \text{donde es}$$

$M = -P \cdot l$  máximo momento flector en el empotramiento.  $W = \frac{b \cdot d^2}{6}$  módulo resistente de la sección.

Operando con las fórmulas que expresan la flecha, la tensión por flexión y el módulo resistente, expresamos la flecha en función de otras variables, y tenemos

$$f = \frac{2 \sigma l^3}{3 E d} \quad (a)$$

fórmula en la que para un valor límite de la tensión o en la sección más solicitada, vemos que incrementado la altura "d" de la sección disminuye la flecha.

Para una viga simple, la flecha se expresa en el caso de carga uniforme extendida a toda su longitud:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J}$$

donde q es el valor de la carga uniforme, expresada por unidad de longitud. La tensión en la sección más solicitada se calcula, como en el caso anterior con:

$$\sigma = \frac{M}{W} \text{ donde es}$$

$M = q \cdot l^2 / 8$  máximo momento flector en el centro de la viga. Operando como en el caso de la ménsula expresamos la flecha:

$$f = \frac{10 \sigma l^2}{43 E d} \quad (b)$$

donde son válidos los conceptos dados para la fórmula (a).

Estos ejemplos sencillos, muestran la importancia que tiene controlar las deformaciones de las estructuras, aunque el valor de la tensión o no supere los valores límites fijados en los códigos.

El método más directo para lograrlo es reducir la deformabilidad de la barra diseñado una sección con mayor momento de inercia. Esto significa usar una sección de mayores dimensiones y más cantidad de material.

Para reducir la cantidad de material y el peso del elemento estructural se diseñan piezas con secciones hueca, en forma de T o U, como se muestra.

7.25. Anexo 25: J. R. Jorge Pérez, «Simulación computacional de esfuerzo- deformación y transferencia de calor de un secador cilindrico rotativo de la industria papelera,» 2017.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
UNIDAD DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y  
SIMULACIÓN NUMÉRICA EN INGENIERÍA

Proyecto de Investigación y Desarrollo previo  
a la Obtención de Grado de Magister en  
Métodos Matemáticos y Simulación  
Numérica en Ingeniería

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL DE ESFUERZO-  
DEFORMACIÓN Y TRANSFERENCIA DE CALOR DE  
UN SECADOR CILÍNDRICO ROTATIVO DE LA  
INDUSTRIA PAPELERA

Autores:

Jorge Antonio Pérez Torres

Jhison Enrique Romero Romero

Director:

Paúl Bolívar Torres Jara

## CAPÍTULO 2

### BASES TEÓRICAS

#### 2.1. Bases teóricas de Esfuerzo-Deformación

Las propiedades mecánicas de un material permite diferenciarlo de otro ya sea por su composición, estructura o comportamiento cuando se encuentra expuesto a efectos físicos o químicos, las propiedades trabajan en dichos materiales de acuerdo a las necesidades en donde se enfoca a cabalidad, la exigencia creada.

Los materiales, cuando prestan servicio, están sometidos a fuerzas o cargas (Salazar Trujillo, 2007:92). Por esta razón es necesario conocer las características del material y el diseño de la pieza de tal manera que cualquier deformación resultante no sea excesiva y no se produzca la rotura. Así tenemos que:

*El comportamiento mecánico o las propiedades mecánicas de un material reflejan la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material, o sea, su deformación. Algunas de las propiedades mecánicas más importantes son la resistencia, la dureza, la ductilidad y la rigidez (Callister, 2007:114).*

La mecánica de materiales es una rama de la mecánica aplicada que estudia el comportamiento de los cuerpos sólidos sometidos a varios tipos de carga. De forma más general se comprende que este análisis lleva a determinar los esfuerzos, deformaciones y deflexiones producidos por cargas en un cuerpo (Fitzgerald, 2007). Se puede sintetizar entonces que la mecánica de materiales se encarga del estudio de las deformaciones unitarias y desplazamientos que se dan en las estructuras y sus componentes debido a las cargas que actúan sobre ellas.

El tener certeza para identificar los valores de estas magnitudes para todos los valores de carga, incluso hasta la carga de falla, nos conlleva a tener un panorama completo del comportamiento mecánico de un cuerpo, y este conocimiento es fundamental para interpretar el diseño confiable de cualquier estructura. La respuesta de los materiales a las fuerzas aplicadas depende de (Pinto Ramírez, 2015):

1. Tipo de enlace.
2. Disposición estructural de los átomos o moléculas.
3. Tipo y número de imperfecciones, que están siempre presentes en los sólidos, excepto en raras circunstancias.

Aunque, se conoce la complejidad de los materiales que se utilizan en procesos de ingeniería, todos los materiales impuestos a cargas considerando el proceso mecánico que ocurre durante su deformación bajo las fuerzas aplicadas, se clasifican en tres:

1. Materiales Elásticos (los cristales iónicos y covalentes).
2. Materiales Elastoplásticos (los metales estructurales).
3. Materiales Viscoelásticos (los plásticos, los vidrios).

En este mismo contexto, los tipos básicos de deformación de los materiales como respuesta a las fuerzas aplicadas son tres: Elástico, plástico y viscoso

### **2.1.1. Principios básicos de la resistencia de materiales**

Como lo mencionan los estudiosos de la resistencia de materiales (Badiola, 2004; Salazar Trujillo, 2007 y Imaz Gutiérrez, 2013), esta introduce hipótesis simplificativas, y a más de eso, ya se establecen algunas cuando se asume que el material de los sólidos elásticos tiene propiedades de homogeneidad, continuidad e isotropía.

Estas hipótesis se establecen y afianzan en el estudio del comportamiento de los materiales ante determinado tipo de sollicitación.

En Resistencia de Materiales existen tres principios generales: el principio de rigidez relativa de los sistemas elásticos, el principio de superposición de efectos y el principio de Saint-Venant (Imaz Gutiérrez, 2013). Sin embargo, hay que mencionar que los principios son (Perelli Botello, 2017):

- a. Los materiales se consideran homogéneos (idénticas propiedades en todos los puntos): No se consideran las variaciones de composición que de punto a punto de los mismos tienen los materiales reales. El acero es un material altamente homogéneo; en cambio, la madera, el hormigón y la piedra son bastante heterogéneos. Sin embargo, los experimentos demuestran que los cálculos basados en esta hipótesis son satisfactorios
- b. Los materiales se consideran continuos: No se toma en cuenta en los análisis las discontinuidades o poros que presentan los materiales. El comportamiento real de los materiales cumple con esta hipótesis aun cuando pueda detectarse la presencia de poros o se considere la discontinuidad de la estructura de la materia, compuesta por átomos que no están en contacto rígido entre sí, ya que existen espacios entre ellos y fuerzas que los mantienen vinculados, formando una red ordenada.

- c. Los materiales se consideran isótropos: En los análisis generales no se tienen en cuenta las diferencias de propiedades en distintas direcciones del material. Esto significa que admitimos que el material mantiene idénticas propiedades en todas las direcciones.
- d. No se tienen en cuenta las fuerzas internas de tipo interatómico existentes en los materiales. Se consideran solamente los esfuerzos causados por la aplicación de fuerzas externas. Las fuerzas interiores entre las partículas del material, cuyas distancias varían, se oponen al cambio de la forma y dimensiones del cuerpo sometido a cargas. Al hablar de fuerzas interiores no consideramos las fuerzas moleculares que existen en un sólido no sometido a cargas.
- e. Principio de superposición: los efectos de un sistema de fuerzas sobre un elemento son iguales a la suma de los efectos individuales de cada una de las fuerzas. Los desplazamientos de los puntos de aplicación de las fuerzas son pequeños en comparación con las dimensiones del sólido. Los desplazamientos que acompañan a las deformaciones del sólido dependen linealmente de las cargas. Estos sólidos se denominan "sólidos linealmente deformables".
- f. Principio de Saint Venant: Cuando a un elemento estructural se le aplica una fuerza, los esfuerzos que esta causa en puntos suficientemente alejados de ella, no dependen de la forma concreta en que la carga es aplicada.

Este principio establece que el valor de las fuerzas interiores en los puntos de un sólido, situados suficientemente lejos de los lugares de aplicación de las cargas, depende muy poco del modo concreto de aplicación de las mismas. Merced a este principio en muchos casos podremos sustituir un sistema de fuerzas por otro estáticamente equivalente, lo que puede conducir a la simplificación del cálculo.

- g. Las cargas son estáticas o cuasi-estáticas: Las cargas se dicen que son estáticas cuando demoran un tiempo infinito en aplicarse, mientras que se denominan cuasi-estáticas cuando el tiempo de aplicación es suficientemente prolongado. Las cargas que se aplican en un tiempo muy reducido se denominan dinámicas, y las sollicitaciones internas que producen son sensiblemente mayores que si fuesen estáticas o cuasi-estáticas.

### **2.1.2. Concepto de Esfuerzo-Deformación por carga axial**

Cualquier fuerza externa que se aplique sobre una material causa deformación, la cual se define como el cambio de longitud a lo largo de la línea de acción de la fuerza

(Carmona, 2011). Para estudiar la reacción de los materiales a las fuerzas externas que se aplican, se utiliza el concepto de esfuerzo.

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Fuerza aplicada}}{\text{Área sobre la cual se aplica la fuerza}}$$

**El esfuerzo:** Posee las mismas unidades de la presión, es decir, unidades de fuerza por unidad de área. En el sistema métrico, el esfuerzo se mide en Pascales ( $\text{N/m}^2$ ). En el sistema inglés, en psi ( $\text{lb/in}^2$ ). En aplicaciones de ingeniería, es muy común expresar el esfuerzo en unidades de  $\text{Kg/cm}^2$  (Vinnakota, 2006).

En este mismo contexto las fuerzas internas de un elemento están ubicadas dentro del material por lo que se distribuyen en toda el área; justamente se denomina esfuerzo a la fuerza por unidad de área, la cual se denota con la letra griega sigma ( $\sigma$ ) y es un parámetro que permite comparar la resistencia de dos materiales, ya que establece una base común de referencia.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dónde:

- $P \equiv$  Fuerza axial;
- $A \equiv$  Área de la sección transversal

**Deformación:** La resistencia del material no es el único parámetro que debe utilizarse al diseñar o analizar una estructura; controlar las deformaciones para que la estructura cumpla con el propósito para el cual se diseñó tiene la misma o mayor importancia. El análisis de las deformaciones se relaciona con los cambios en la forma de la estructura que generan las cargas aplicadas (Vinnakota, 2006).

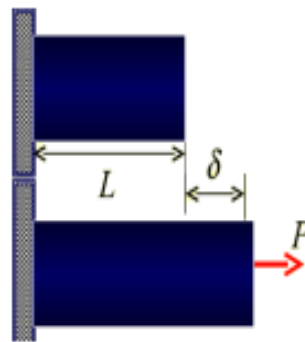
Una barra sometida a una fuerza axial de tracción aumentará su longitud inicial; se puede observar que, bajo la misma carga, pero con una longitud mayor este aumento o alargamiento se incrementará también. Por ello definir la deformación ( $\epsilon$ ) como el cociente entre el alargamiento  $\delta$  y la longitud inicial  $L$ , indica que sobre la barra la deformación es la misma porque si aumenta  $L$  también aumentaría  $\delta$ . Matemáticamente la deformación sería:

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2)$$

Dónde:

- $\varepsilon \equiv$  Deformación unitaria
- $\delta \equiv$  Deformación Total
- $L \equiv$  Longitud Inicial

**Figura 6.** Barra sometida a una fuerza axial de tracción



Fuente: (Carmona, 2011).

**Deformación Simple:** Se refiere a los cambios en las dimensiones de un miembro estructural cuando se encuentra sometido a cargas externas. Estas deformaciones serán analizadas en elementos estructurales cargados axialmente, por lo que entre las cargas a estudiar estarán las de tensión o compresión.

**Deformación unitaria:** Todo miembro sometido a cargas externas se deforma debido a la acción de fuerzas. La deformación unitaria, se puede definir como la relación existente entre la deformación total y la longitud inicial del elemento, la cual permitirá determinar la deformación del elemento sometido a esfuerzos de tensión o compresión axial.

Ahora bien, es necesario considerar que, para desarrollar un proceso de análisis y diseño más avanzado, con el objetivo de definir finalmente las dimensiones y el tipo de material del cual deberán hacerse los elementos estructurales, se hace necesario considerar las deformaciones que tendrán los elementos y la resistencia de los diferentes tipos de materiales (Beer, Russell Johnston, Dewolf & Mazurek, 2013).

Es entonces indispensable proceder a considerar las características de resistencia (oposición a la rotura) y rigidez (oposición a las deformaciones) que tendrán los diferentes elementos estructurales.



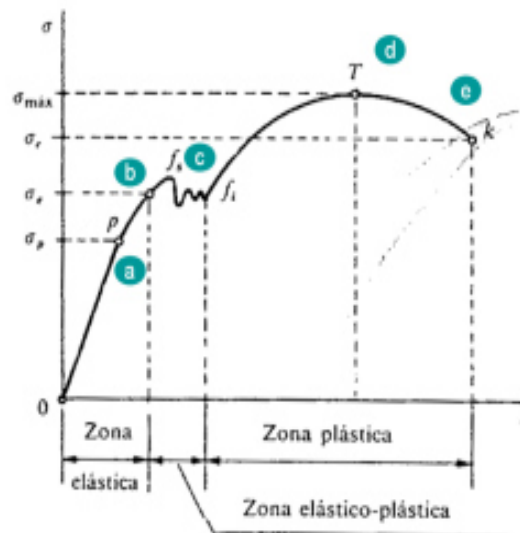
En otros términos, antes de construir una estructura es necesario saber la resistencia que tendrá y las deformaciones que sufrirá. Lo anterior es apenas obvio si consideramos que cualquier estructura debe satisfacer unas exigencias mínimas de seguridad (resistencia) y de funcionalidad y estética (mínimas deformaciones) (Salazar Trujillo, 2007).

### 2.1.3. Prueba para determinar resistencia, rigidez y ductilidad

El diseño de elementos estructurales implica determinar mediante la prueba de tensión la resistencia, rigidez, ductilidad, y tenacidad del material; esta prueba consiste en someter a una fuerza axial una probeta en una máquina de ensayos hasta que se produzca la fractura, en la prueba registra simultáneamente la fuerza aplicada y el alargamiento producido, valores que derivan en una curva denominada diagrama esfuerzo-deformación. Estos diagramas son similares si se trata del mismo material y de manera general permite agrupar los materiales dentro de dos categorías con propiedades afines que se denominan materiales dúctiles y materiales frágiles. Los diagramas de materiales dúctiles se caracterizan por ser capaces de resistir grandes deformaciones antes de la rotura, mientras que los frágiles presentan un alargamiento bajo cuando llegan al punto de rotura (Vinnakota, 2006).

**Diagrama Esfuerzo-Deformación:** El diagrama resultante graficado con los valores del esfuerzo y la correspondiente deformación unitaria en la probeta (Figura 7), calculado a partir de los datos de un ensayo de tracción se representan:

Figura 7. Curva resultante del esfuerzo y la deformación unitaria



Fuente: (Vinnakota,2006)

Las zonas del diagrama de esfuerzo-deformación según (McCormac y Csernak, 2012) se detallan a continuación:

- a) **Límite de proporcionalidad:** Se observa que va desde el origen O hasta el punto llamado límite de proporcionalidad, es un segmento de recta rectilíneo, de donde se deduce la tan conocida relación de proporcionalidad entre la tensión y la deformación enunciada en el año 1678 por Robert Hooke. Cabe resaltar que, más allá la deformación deja de ser proporcional a la tensión.
- b) **Límite de elasticidad o límite elástico:** Es la tensión más allá del cual el material no recupera totalmente su forma original al ser descargado, sino que queda con una deformación residual llamada deformación permanente.
- c) **Punto de fluencia:** Es aquel donde en el aparece un considerable alargamiento o fluencia del material sin el correspondiente aumento de carga que, incluso, puede disminuir mientras dura la fluencia. Sin embargo, el fenómeno de la fluencia es característico del acero al carbono, mientras que hay otros tipos de aceros, aleaciones y otros metales y materiales diversos, en los que no se manifiesta.
- d) **Esfuerzo máximo:** Es la máxima ordenada en la curva esfuerzo-deformación.
- e) **Esfuerzo de Rotura:** Verdadero esfuerzo generado en un material durante la rotura.

Para entender a la perfección el comportamiento de la curva Esfuerzo-Deformación unitaria, se debe tener claro los conceptos que hacen referencia a las propiedades mecánicas de los materiales que describen como se comporta un material cuando se le aplican fuerzas externas, y a las diferentes clases de estas mismas a las cuales pueden ser sometidos (Perelli Botello, 2017).

#### 2.1.4. Leyes de esfuerzos

Al trabajar en la obtención de los esfuerzos, es necesario identificar las leyes que se deben seguir, de esta forma se describen las siguientes (Perelli Botello, 2017):

- a) **Momentos flectores**
  - En tramos no cargados, la ley de momentos flectores es lineal.
  - En las rótulas, el momento flector es nulo.

- En puntos donde hay aplicada una carga puntual no paralela a la directriz, aparece un pico en la ley de momentos flectores.
- En las secciones donde existe un momento exterior aplicado, aparece un salto en la ley de momentos flectores de igual valor al del momento exterior aplicado.
- Cuando hay una carga uniformemente repartida no paralela a la directriz, la ley de momentos flectores es parabólica de segundo grado en el tramo donde actúa dicha carga.

#### **b) Esfuerzos Cortantes por flexión**

- Para obtener la ley de esfuerzos cortantes, se proyectan las cargas exteriores y las reacciones en sentido perpendicular a la directriz, en cada barra de la estructura.
- Ley de cortantes = - Pendiente de la ley de momentos flectores.

$$Q = \frac{-dMf}{ds} \quad (3)$$

- En secciones donde hay aplicada una carga puntual perpendicular a la directriz, aparece un salto en la ley de cortantes de igual valor.
- En los tramos donde existe una carga uniformemente repartida en sentido perpendicular a la directriz, la ley de esfuerzos cortantes es lineal.
- En los apoyos, el valor de la ley de cortantes es igual a la proyección de la reacción en sentido perpendicular a la directriz.
- Si existe un momento exterior aplicado, la ley de cortantes no varía en dicho punto.
- Si hay un cambio de dirección en la estructura, se produce un salto en la ley de cortantes de valor igual al cambio de la proyectada en sentido perpendicular a la directriz.

#### **c) Axiales**

- Para obtener la ley de esfuerzos axiales, se proyectan las cargas exteriores y las reacciones sobre la directriz de cada barra.
- Cuando hay una carga puntual aplicada en una sección, se produce en dicha sección un salto en la ley de axiales de igual valor a la proyección de la carga sobre la directriz.

## Los límites de velocidad en el Ecuador

Ses

June 15, 2018



Los límites de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares; para los de transporte público de pasajeros; y para los de carga en el sector urbano son diferentes; esos mismos automotores tienen márgenes distintos en las vías perimetrales; también en las rectas y curvas de las carreteras; y además, existen los rangos moderados.

El límite máximo de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares es de:

- En zona urbana el límite es de 50km/h y el rango moderado de 50 a 60 km/h
- En sector perimetral el límite es de 90km/h y el rango moderado de 90 a 120km/h
- En rectas en carreteras el límite es de 100km/h y el rango moderado de 100 a 135km/h
- En curvas de una carretera el límite es de 60km/h y el rango moderado de 60 a 75km/h.

Para vehículos de transporte público de pasajeros, el límite de velocidad máxima es de:

- En zona urbana el límite es de 40km/h y el rango moderado de 40 a 50 km/h
- En sector perimetral el límite es de 70km/h y el rango moderado de 70 a 100km/h
- En rectas de las carreteras el límite es de 90km/h y el rango moderado de 90 a 110km/h
- En curvas de las vías el límite es de 50km/h y el rango moderado de 50 a 65km/h.

Para vehículos de transporte de carga el límite de velocidad máxima es de:

- En zona urbana el límite es de 40km/h y el rango moderado de 40 a 50 km/h
- En sector perimetral el límite es de 70km/h; y el rango moderado de 70 a 95km/h
- En rectas de carreteras el límite es de 70km/h; y el rango moderado de 70 a 100km/h;
- En curvas de las vías el límite es de 40km/h y el rango moderado es de 40 a 60km/h.

Estar informados y respetar los límites de velocidad establecidos, son de vital importancia para avanzar hacia una ciudadanía con una cultura vial admirable.

## 7.27. Anexo 27: CYMACO, «CYMACO,» 21 05 2021.

### ¿CUÁL ES EL LADO DERECHO Y EL IZQUIERDO DE UN VEHÍCULO?

11 may 2021

Publicado en: [Mantenimiento](#)



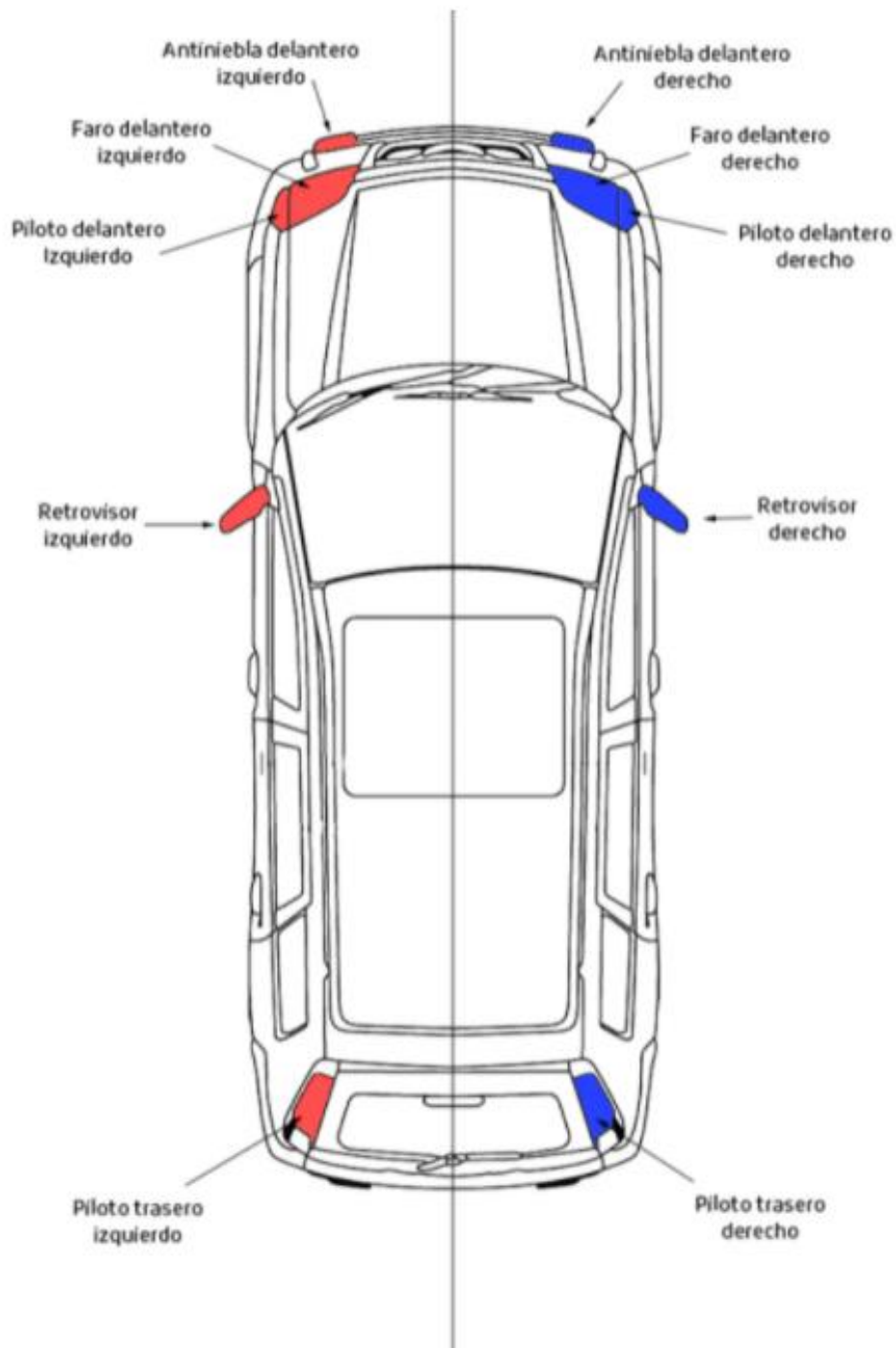
A la hora de elegir repuestos para el coche el mayor número de confusiones se produce en las piezas que van tanto en el lado izquierdo como en el derecho del vehículo. Es un problema común que se da a la hora de elegir repuestos para cualquier marca como Volkswagen Chana Chery Fiat y otros

Tenga en cuenta que, en muchas ocasiones la izquierda o derecha es la que se indica en la descripción del repuesto y no la que se ve en la foto de muestra del producto. A veces se utiliza la misma imagen para ambos lados y por eso es imprescindible que lea la descripción del repuesto.

Si no está seguro de a qué nos referimos cuando hablamos de lado derecho e izquierdo, lo mejor es seguir esta ilustración en el que se indican los elementos que producen errores con mayor frecuencia.

### Entonces ¿ qué referencia tomar para definir el lado de un vehiculo?

Sencillamente, debe pararse detrás del vehículo mirando hacia él y "todo lo que se encuentra del lado de su mano derecha es DERECHA para el vehículo y todo lo que está del lado de su mano izquierda es IZQUIERDA para el vehículo.



referencia de lado de vehículo

## Un ejemplo frecuente para demostrar esta regla..

Teniendo en cuenta esta explicación, a la hora de comprar el espejo exterior para su vehículo, recuerde que el espejo izquierdo (mirando el vehículo parado detrás de él) corresponde al lado donde iba sentado el conductor del vehículo y el espejo derecho (mirando el vehículo parado detrás de él) sería el correspondiente al lado donde va sentado el acompañante.

Esta regla es útil a la hora de definir la compra de:

- faros
- espejos
- manijas
- amortiguadores
- rótulas

Con estos consejos ya estás listo para comprar con seguridad tus propios repuestos

7.28. Anexo 28: M. d. Fomento, «Instrucción de carreteras Norma 3.1-IC,» de *Trazado*, Madrid, 2016, pp. 1-231.

TABLA 4.4.

RELACIÓN VELOCIDAD DE PROYECTO - RADIO MÍNIMO - PERALTE MÁXIMO.

VELOCIDAD DE PROYECTO ( $V_p$ ) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	--
130	850	8,00	--	--	--	--
120	--	--	700	8,00	--	--
110	--	--	550	8,00	--	--
100	--	--	450	8,00	--	--
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00