

PROPUESTA DE BASTIDOR AUXILIAR CON PERFIL Z PARA CAMIONES HINO 6 TONELADAS

PROPOSED AUXILIARY FRAME WITH Z PROFILE FOR HINO TRUCKS 6 TONS

Alexander G. Paucar G.¹ Rodrigo A. Cárdenas Y.² Edwin A. Chamba M.³

¹Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador
E-mail: alexgiovan7@hotmail.com

²Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, Latacunga, Ecuador
E-mail: racardenasy@istx.edu.ec

³Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) EP, Quito, Ecuador
E-mail: echamba.monar1989@gmail.com

Resumen

En el presente proyecto de investigación, se escogió y validó al acero ASTM A-572 Gr. 65, como material constructivo de un bastidor auxiliar, a desarrollar por parte de la empresa Siderúrgica Ecuatoriana S.A., el mismo se proyectó para ser montado sobre el chasis principal del camión marca HINO de la serie 300, el perfil escogido fue tipo "Z", diseñado para soportar una carga máxima de 6000 *kgf*. El análisis se basó en la aplicación de los métodos convencionales de cálculo estructural, se utilizó el enfoque de "Diseño por Factores de Carga y Resistencia o Estados límites" (LFRD) y se creó un modelo utilizando herramientas de diseño asistido por computador (CAD), para ser ensayado con el método de elementos finitos (MEF). Se consiguieron los resultados de deformación, factor de seguridad y esfuerzos admisibles, para el modelo del bastidor auxiliar, contrastándose para determinar y seleccionar el material más adecuado, tomando en cuenta la economía, resistencia y ligereza respectiva.

Palabras Claves: bastidor, MEF, LFRD, esfuerzos, deformación.

Abstract

In this research project, ASTM A-572 Gr. 65 steel was chosen and validated as the construction material of an auxiliary frame, to be developed by the company Siderúrgica Ecuatoriana SA, it was designed to be mounted on the chassis The main profile of the HINO 300 series truck, the chosen profile was type "Z", designed to withstand a maximum load of 6000 *kgf*. The analysis was based on the application of conventional structural calculation methods, the "Design by Load and Resistance Factors or Limit States" (LFRD) approach was used and a model was created using computer aided design (CAD) tools. , to be tested with the finite element method (MEF). The deformation results, safety factor and admissible stresses were obtained for the subframe model, contrasting to determine and select the most suitable material, taking into account the economy, strength and respective lightness.

Key Words: frame, MEF, LFRD, stresses, deformation.

INTRODUCCIÓN

El proyecto se enfoca a la reingeniería y topología del diseño de un nuevo perfil estructural que conforma el bastidor (García, 2014) reforzado (chasis + bastidor auxiliar) para los camiones de marca HINO de hasta seis toneladas de carga, su fabricación se realizará en la empresa Siderúrgica Ecuatoriana S.A. (SIDEC S.A.), fabricantes de vigas HEB, IPE y elementos en metal.

Para su línea de producción, se requiere validar un diseño de un perfil longitudinal con espesores de material de hasta cinco milímetros, que permita soportar las cargas estáticas sobre los chasis de los camiones, además colocar travesaños (Donoso P. & Velasco A., 2010), para tener una resistencia suficiente y absorber fuerzas laterales; se utiliza el método del elemento finito MEF, por sus ventajas significativas en las fases de diseño y prueba de productos (Cook, Malkus, Plesha, & Witt, 2002).

Asimismo, se requiere para el bastidor auxiliar, utilizar y optimizar el material importado anualmente, realizando un estudio comparativo de costos con los perfiles ya existentes en el mercado nacional, puesto que la empresa busca reducir los costos de producción en un 30%, utilizando los recursos de máquinas y equipos con los que dispone.

El análisis mediante el MEF, tiene un valor de referencia importante para proporcionar una mejora y optimización de la estructura del bastidor (Guo-Bin & Nan, 2014), se aplican cargas sobre la longitud del chasis comprobando parámetros óptimos de la sección requerida, como son el espesor, tipo de material a usarse, aportando al proceso de fabricación y montaje, al garantizar una distribución uniforme de las cargas sobre el bastidor original del vehículo y una

unión desmontable entre el bastidor del vehículo y la carrocería prevista. Utilizando la teoría de la energía de distorsión, del esfuerzo cortante octaedral o la de von Mises (Chandrupatla & Belegundu, 2002), (Norton, 2011), (Budynas, Nisbett, & Keith, 2008), es posible estimar la falla de un material dúctil antes que ocurra, razón de su amplio uso en el diseño de piezas o cuando se investiga el origen de la falla real de un elemento mecánico o cuando los márgenes de seguridad son estrechos. La misma establece que un material sometido a un estado general de esfuerzos fallará por fluencia cuando el esfuerzo cortante octaedral alcance un determinado valor, el cual corresponde al esfuerzo cortante octaedral que se genera en el ensayo de tracción cuando se llega al límite fluencia (Goncalves, 2002).

Para efectos de la validación se hace uso del enfoque LRFD (*Load and Resistance factor design*) (Vinnakota, 2006), el cual se aplica para el diseño de estructuras de acero. Este enfoque se basa en la consideración de las cargas muertas que son de magnitud constante y permanecen fijas en un mismo lugar, las cargas vivas que son todas las cargas que estén en movimiento, autos, grúas, personas. Este método por factores de carga y resistencia, se basa en los estados límites del material, (Galambos & Ravindra, 1976), se considera la resistencia o la condición de falla las cargas de servicio o de trabajo se multiplican por factores de seguridad que son mayores a uno, la resistencia de diseño de cada componente estructural o del ensamblaje debe ser igual a la resistencia requerida o superior a ésta, de acuerdo con las cargas nominales factorizadas.

Se efectúa al bastidor un análisis estructural clásico, el cual complementa los dos primeros.

MÉTODO

Para realizar el rediseño del perfil se tomarán en cuenta las especificaciones del modelo del camión (Figura 1).

MODELO	716 XZU710L-HKFQ13	816 XZU720L-HKFR13
Configuración	4X2	
CAPACIDADES		
Capacidad carga eje delantero	3.100 Kg.	3.100 Kg.
Capacidad carga eje posterior	5.100 Kg.	5.500 Kg.
Peso bruto vehicular	8.200 Kg. (*6.500 Kg.)	8.600 Kg. (*7.500 Kg.)
Peso vacío	2.440 Kg.	2.500 Kg.
Capacidad de carga	5.760 Kg. (*4.060 Kg.)	6.100 Kg. (*5.000 Kg.)

Figura 1: Especificaciones técnicas del modelo de camión HINO Serie 300 DUTRO 16
Fuente: (HINO, 2018)

El diagrama de procesos para la ejecución del presente proyecto se indica en la Figura 2, en la Figura 3 se muestra el flujo de actividades.

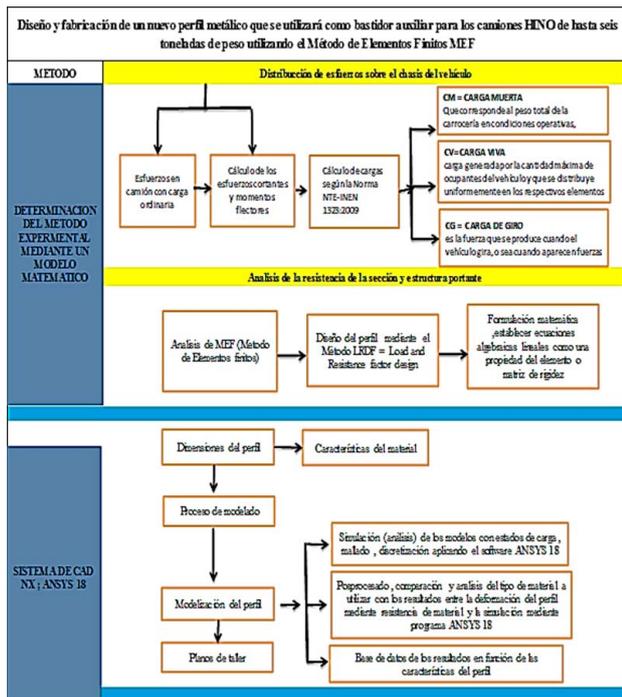


Figura 2. Diagrama de procesos para efectuar el diseño del proyecto.
Fuente: (autores)

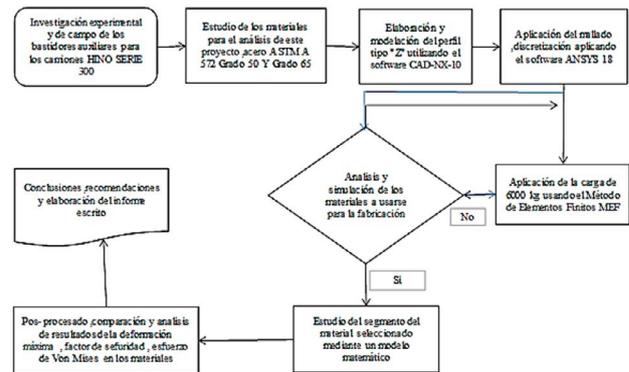


Figura 3: Flujo de actividades del proyecto
Fuente: (autores)

Se procede al estudio del diseño a flexión de un perfil conformado en frío, para uso como bastidor auxiliar, se escoge por requerimiento de SIDEC S.A. un perfil de geometría tipo "Z", justificado en la facilidad de construcción, ahorro de material y adaptabilidad de montaje al bastidor principal del camión. De los aceros estructurales que la compañía importa anualmente ASTM A572 GR.50 y GR.65, se debe escoger uno como material constructivo, las propiedades mecánicas se indican en la Tabla 1.

Tabla 1:
Propiedades Mecánicas del acero A572

	Gr. 42 [290]	Gr. 50 [345]	Gr. 60 [415]	Gr. 65 [450]
Resistencia a la tracción:	60,000 psi [415 MPa]	65,000 psi [450 MPa]	75,000 psi [520 MPa]	80,000 psi [550 MPa]
Min. Punto de fluencia:	42,000psi [290 MPa]	50,000psi [345 MPa]	60,000psi [415 MPa]	65,000psi [450 MPa]
Elongación en 8"	20% min	18% min	16% min	15% min
Elongación en 2"	24% min	21% min	18% min	17% min

Fuente: (Phone Limited, 2018)

2.1. Modelado del perfil tipo "Z"

Usando el software de simulación ANSYS - 8 se modela el perfil tipo "Z" requerido y sugerido por la empresa, como se indica en la Figura 4.

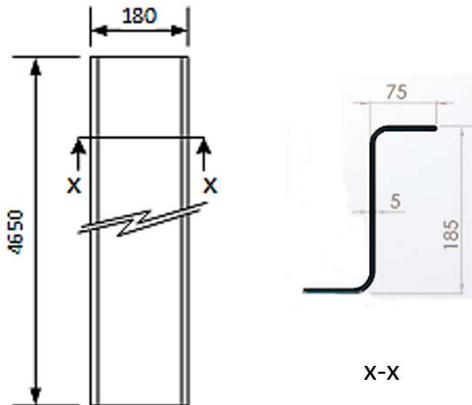


Figura 4: Modelación del perfil tipo "Z" para uso del bastidor auxiliar
Fuente: (autores)

En la Figura 5, se establece la estructura base y las dimensiones del bastidor, para el camión, de acuerdo a las especificaciones, también en la Figura 6, se indica la sección de ubicación de la armadura metálica.

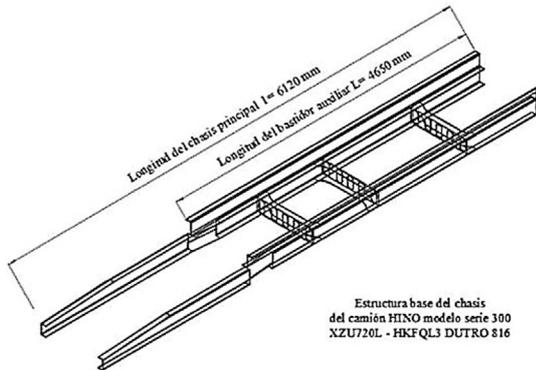


Figura 5: Modelación de la estructura base del chasis principal con el bastidor auxiliar
Fuente: (autores)

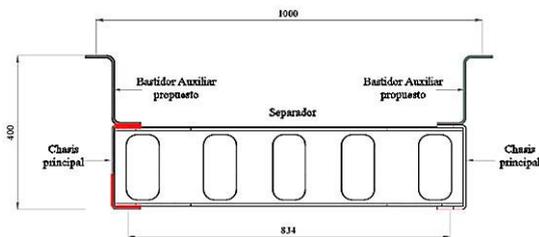


Figura 6: Sección de la estructura metálica entre el chasis principal con el bastidor auxiliar
Fuente: (autores)

Previo al estudio de la simulación con el método de elementos finitos (MEF) se realizará el análisis de los esfuerzos cortantes, momentos flectores, factor de seguridad y la deformación de cada uno de los materiales utilizados en este proyecto, utilizando el método LRFD.

2.2. Análisis usando el método LRDF

Se analiza el caso de camión con carga ordinaria distribuida, la distribución del peso de carga más la carga útil transportada sobre cada eje del vehículo, se muestra en la Figura 7, el diagrama de cuerpo libre se indica en la Figura 8.

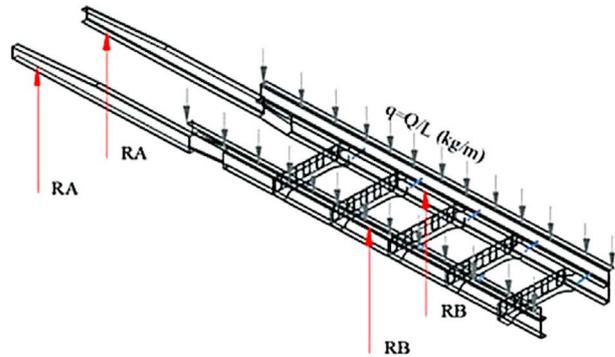


Figura 7: Distribución del peso de la carga más carga útil, reacciones, dimensiones
Fuente: (autores)

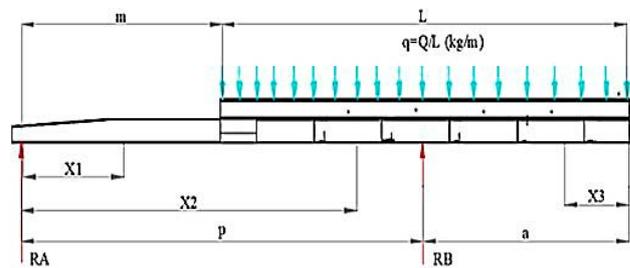


Figura 8: Diagrama de cuerpo libre de la carga, reacciones, dimensiones
Fuente: (autores)

Los valores dimensionales del vehículo se indican en la tabla 2.

Tabla 2:
Dimensiones generales del camión HINO Serie 300
DUTRO 816

Denominación	Valor
Longitud total del vehículo (mm)	6120
Anchura total del vehículo (mm)	1995
Altura total del vehículo (mm)	2220
Distancia entre ejes (p) (mm)	3430
Longitud de la caja de carga (L) (mm)	4450
Voladizo posterior de la caja de carga (a) (mm)	2690
Distancia del eje delantero al comienzo de la	1670
caja de carga (m) (mm)	
Ancho de vía eje delantero (mm)	1835
Ancho de vía eje trasero (mm)	1680

Fuente: HINO 2018

El peso admisible MMA , que se aplicará será el resultado de la sumatoria de Q' (peso del vehículo en chasis - cabina), y Q (peso carrozado de la caja de carga más la carga útil).

$$MMA = Q' + Q \quad (1)$$

$$MMA = 8600 \text{ kgf}$$

$$Q' = 2485 \text{ kgf}, \quad Q = 6115 \text{ kgf}$$

Las reacciones en el eje delantero R_A y trasero R_B son respectivamente $R_A = Q(L/2 - a)/p$ y $R_B = Q(L/2 + m)/p$ De donde se obtiene:

$$R_A = 659.63 \text{ kgf}; \quad R_B = 2478.09 \text{ kgf}$$

2.3. Cálculo de los esfuerzos cortantes y momentos flectores

Para las condiciones mostradas en la Figura 9, se construyen los diagramas de fuerza cortante y momento flector, (Figura 10).

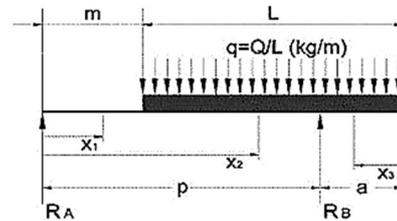


Figura 9: Diagrama de cuerpo libre donde actúan las fuerzas y reacciones del vehículo

Fuente:

Se obtiene como valores máximos: Momento flector máximo $M = 4971.74 \text{ kgf.m}$ y Esfuerzo cortante máximo $V = 3696 \text{ kgf}$

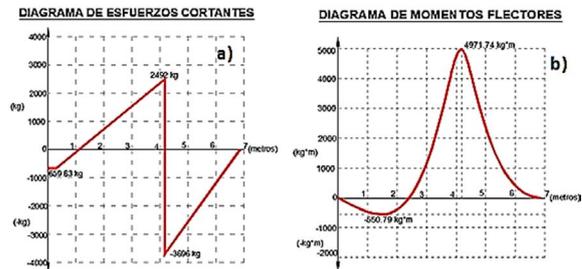


Figura 10: a) Fuerza cortante b) Momentos flector

Fuente: (autores)

El esfuerzo a flexión que se produce en la sección del bastidor debido al momento flector M actuante, viene dada por (2):

$$\sigma_f = \frac{M}{2W_x} \quad (2)$$

El módulo resistente de la sección de los largueros, se determina con (3):

$$W_x = \frac{I_{xx}}{Y_{max}} \quad (3)$$

Donde:

W_x = Módulo resistente a flexión (cm^3)

I_{xx} = Momento de inercia de la sección del perfil respecto al eje x de flexión (cm^4)

Y_{max} = Distancia del eje neutro de la sección a la fibra más alejada de la misma (cm)

De acuerdo a la Figura 4 de la modelación de la sección entre el chasis del camión y del bastidor auxiliar se consigue:

$$I_{xx} = 14206.82 \text{ cm}^4$$

$$Y_{max} = 40.2 \text{ cm}$$

Remplazando los valores anteriores en y , se obtiene:

$$W_x = 353.40 \text{ cm}^3$$

$$\partial_f = 703.41 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

2.4. Factor de seguridad de resistencia del material

El cálculo del factor de seguridad se consigue con la ecuación .

$$\frac{\partial}{k'} = \frac{k}{2W} \quad (4)$$

Donde:

∂_f = Esfuerzo de flexión (kgf/cm²)

M = Momento flector máximo (kgf.cm)

W = Modulo de resistencia a flexión (cm³)

k' = Factor de resistencia de carga (LRDF)

k = Factor de seguridad

De , se obtiene k (5)

$$k = \frac{\partial_f 2W}{k' M} \quad (5)$$

$$k = \frac{(703.41)2(353.40)}{0.75(497174)} = 1.33$$

Se aplica la teoría de distorsión de von Mises, para estimar las fallas por fluencia que pudiese ocurrir en el modelo, para que el material no falle por fluencia, se debe cumplir (6)

$$\tau_{oct} < \frac{\sqrt{2}}{3} S_y \quad (6)$$

En términos de los esfuerzos principales, se tiene (7)

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 < 2S_y^2 \quad (7)$$

La denominada intensidad de esfuerzo de von Mises, resulta como

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}} \quad (8)$$

Entonces, como se debe cumplir el criterio se consigue

$$\sigma \leq S \quad (9)$$

La inecuación , se convierte en una ecuación cuando se verifica , al término N_s se le denomina factor de seguridad

$$N_s = \frac{S}{\sigma} \quad (10)$$

Donde:

S = Resistencia a la fluencia S_y (Pa)

σ = Intensidad esfuerzo de von Mises σ_{VM} (Pa)

Sustituyendo los valores calculados con el MEF, Figura 11, en , se estiman los valores N_s indicados en la Tabla 3.

Tabla 3
Factor de seguridad (N_s)

Ítem	Material	(S_v) psi	(σ) psi	(N_s)
1	ASTM A572 Gr. 50, t = 5mm	50000	96825	0.52
2	ASTM A572 Gr. 65, t = 5mm	65000	49978	1.30

Fuente: (autores)

2.5. Análisis mediante modelo matemático

Se estiman los desplazamientos y valores de σ para uno de los tramos del bastidor, Figura 12, la geometría y cargas del tramo escogido A-B, se muestra en la Figura 13

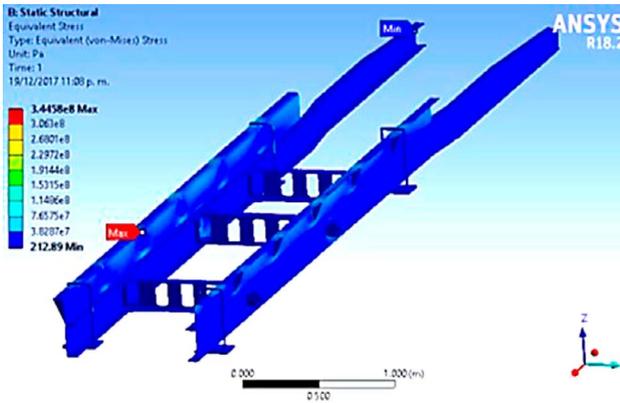


Figura 11: Valores máx. y mín. de σ del material ASTM A572 Gr. 65
Fuente: (autores)

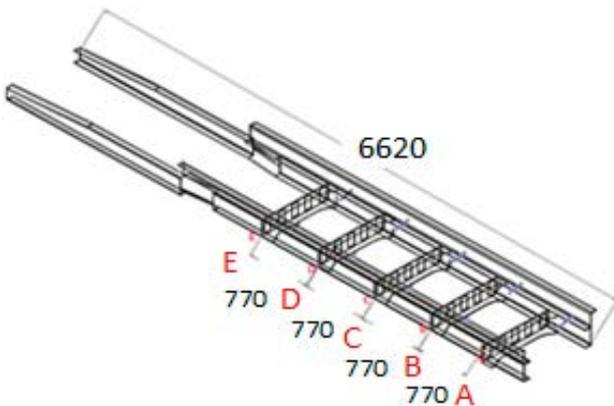


Figura 12: Diagrama del tramo AB para la simulación
Fuente: (autores)

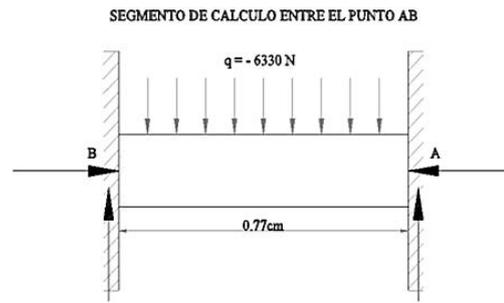


Figura 13: Diagrama del tramo AB establecido como viga doblemente empotrada
Fuente: (autores)

En la Figura 14 se muestra la intensidad del esfuerzo de von Mises σ , se utiliza para comparar los resultados de la deformación del material ASTM A572 Gr. 65 con el segmento del mismo material. Resulta $\sigma_{\max} = 124.97 \text{ MPa}$ y $\sigma_{\min} = 0.177 \text{ MPa}$.

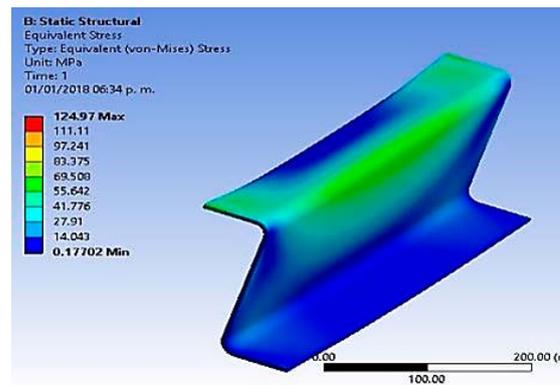


Figura 14: Intensidad de esfuerzo de von Mises - máximo y mínimo
Fuente: (autores)

Para el tramo A-B, se tiene $\sigma = 124.79 \text{ MPa}$, factor de seguridad mínimo = 3, elongación máxima = 4.32 mm

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del cálculo analítico y el MEF muestran que el mayor factor de seguridad estático fue de 1.3 correspondiente al acero ASTM A572 Gr. 65, se acepta como válido al estar por encima de 1, sugerido por la norma AISC sección 2 (American Institute of Steel Construction, 2016) aplicado a cálculo estructural de bastidores en camiones, el resto de valores se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4
Tabla de comparación de resultados finales
Comparación de diseños finales
carga de 6000 kgf (58800 N)

Material	Masa (Kg)	σ (MPa)	Ns	Def. máx (mm)
Acero ASTM A-572 GR. 50	44.57	344.58	0.93	1.13
Acero ASTM A-572 GR. 65	55.2	344.58	1.3	4.71
Segmento ASTM A-572 GR. 65	9.12	124.97	3	4.32

Fuente: (autores)

Los resultados obtenidos del bastidor auxiliar, diseñado con el perfil "Z", indican que el camión marca HINO serie 300 puede trasladarse con cargas de hasta 6000 kgf sin sufrir deformaciones plásticas, utilizando como material cons-

tructivo del bastidor auxiliar, al acero estructural ASTM A572 Gr. 65, el factor de seguridad mayor que uno, permite inducir que el material no fallará en esas condiciones (Teller B., 2011).

Los bastidores auxiliares deben tener la facilidad de fabricación, a partir de un material homogéneo e isótropo de calidad uniforme que permita soportar grandes esfuerzos (Galbarro, 2010). Estas propiedades le dan mayores niveles de seguridad a una estructura sobre todo cuando está sujeta a esfuerzos causados por cargas accidentales. El acero seleccionado ASTM A572 Gr. 65, es de alto costo en el mercado nacional y tiene dificultad de conseguirse en planchas que cumplan con las dimensiones para la construcción del bastidor, por lo que se hace necesario su importación.

Otra de las ventajas de utilizar el perfil "Z", es que permite el rápido ensamble con otros aditamentos de la conformación del armazón de chasis principal, dando facilidades de unión con la carrocería del camión y facilita un correcto mantenimiento del mismo, cumpliéndose con la satisfacción de simplificación propuesta por (Schuch, 1999).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El acero estructural ASTM A572 Gr. 65, tal como indican los cálculos y simulaciones respectivas, es un acero dúctil, con un comportamiento estable bajo altas cargas y una relación resistencia-peso conveniente, es más económico, demostrado por los precios y dimensiones requeridas establecidas, tiene alta resistencia,

indicada en las simulaciones efectuadas y presenta una adecuada soldabilidad, lo cual facilita la adición de más componentes sin tener problemas en el ensamble con los demás elementos que conforman el chasis del camión.

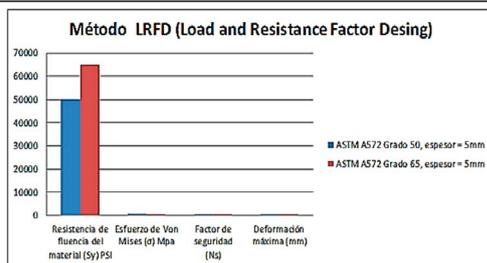
Con los resultados calculados utilizando el método LRDF (Tabla 5), se verifica que el ma-

material más adecuado es el acero ASTM A572 Gr. 65, su factor de seguridad es mayor que 1 y su deformación direccional 4.71 mm es mayor que la del Gr. 50 por lo tanto su elasticidad es mayor.

Tabla 5

Análisis de resultados utilizando el método LRDF con los materiales en estudio

Método LRFD (Load and Resistance Factor Desing)					
Ítem	Material	Resistencia de fluencia del material (Sy) PSI	Esfuerzo de Von Mises (σ) Mpa	Factor de seguridad (Ns)	Deformación máxima (mm)
1	ASTM A572 Grado 50, espesor = 5mm	50000	667.58	0.52	1.13
2	ASTM A572 Grado 65, espesor = 5mm	65000	334.58	1.3	4.71



Fuente: (autores)

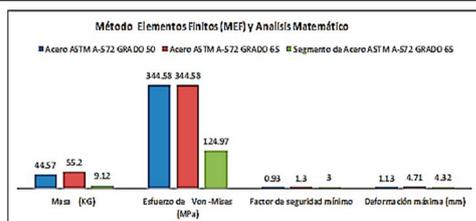
El análisis se realiza con la aplicación de la teoría de falla de la energía de distorsión.

En el análisis indicado en la tabla 6 se realizan las comparaciones utilizando el método de elementos finitos y el análisis convencional, obteniéndose que el acero ASTM A572 Gr. 65 cumple con el requerimiento óptimo.

Tabla 6

Análisis de resultados utilizando el método MEF con los materiales en estudio

Método Elementos Finitos (MEF) y Analisis Matemático				
Material	Masa (KG)	Esfuerzo de Von-Mises (MPa)	Factor de seguridad mínimo	Deformación máxima (mm)
Acero ASTM A-572 GRADO 50	44.57	344.58	0.93	1.13
Acero ASTM A-572 GRADO 65	55.2	344.58	1.3	4.71
Segmento de Acero ASTM A-572 GRADO 65	9.12	124.97	3	4.32



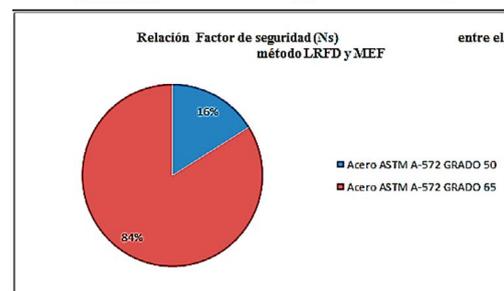
Fuente: (autores)

En la tabla 7, se muestra la comparación de resultados de los análisis efectuados con los métodos LRFD y MEF, en relación al factor de seguridad y se determina que en un 84% es mayor al utilizar el acero ASTM A572 Gr. 65.

Tabla 7

Análisis de resultados en relación del factor de seguridad con los materiales en estudio

Relación Factor de seguridad (Ns) entre el método LRFD y MEF		
Material	Acero ASTM A-572 GRADO 50	Acero ASTM A-572 GRADO 65
Método LRFD	0.25	1.3
Método MEF	0.93	1.3



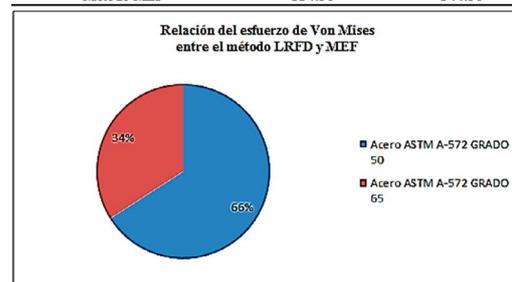
Fuente: (autores)

En la tabla 8 se visualizan las observaciones aplicando los métodos LRFD y MEF, se comprueba usando el esfuerzo de von Mises que en un 66% es mejor utilizar el acero ASTM A572 Gr. 65.

Tabla 8

Análisis de resultados en relación del esfuerzo de Von Mises con los materiales en estudio

Relación Esfuerzo de Von Mises entre el método LRFD y MEF		
Material	Acero ASTM A-572 GRADO 50	Acero ASTM A-572 GRADO 65
Método LRFD	667.58	344.58
Método MEF	334.58	344.58



Fuente: (autores)

4.1 Manufactura

El proceso de construcción, debe ser enfocado al no desperdicio de material para minimizar gastos. En la Figura 16 se indica el flujo de trabajos para la fabricación e instalación del bastidor auxiliar.

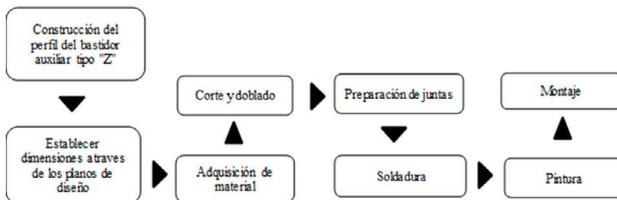


Figura 16: Proceso de fabricación del bastidor auxiliar para los camiones HINO
Fuente: (autores)

4.2 Costos

En la Tabla 9 se muestra un análisis de costos entre la compra nacional y la importada, se indi-

can los valores y el porcentaje cuya diferencia muestra la ventaja de adquirir mediante importación los materiales, ya que los proveedores tienen precios de venta más altos.

Tabla 9
Análisis de costos entre la compra nacional y la importación

Análisis de costos				
Material	Valor mercado nacional	Valor en importación	Valor diferencia	% de comparación
Acero ASTM A-572 GRADO 50	\$24,800.00	\$ 35,000.00	\$ 10,200.00	0.68
Acero ASTM A-572 GRADO 65	\$25,200.00	\$ 36,000.00	\$ 10,800.00	0.7

Fuente: (autores)

Con el diseño realizado y las dimensiones de desarrollo de 4650X300X5mm lo más conveniente es comprar en bobinas ya que en el mercado nacional la venta de las planchas es tipo estándar de 1220X2440X5mm por lo que se generara desperdicios en su fabricación del bastidor auxiliar por lo que es conveniente comprar en bobinas para que el corte de la placa sea exacto y no genere recortes innecesarios.

CONCLUSIONES

El acero estructural escogido como material constructivo del bastidor auxiliar para los camiones HINO serie 300, es el ASTM - A572 Gr. 65 con espesor de 5 mm.

El perfil tipo "Z" seleccionado para el diseño no sobrepasa la deformación crítica de 4 mm, el factor de seguridad es mayor a 1.

Los parámetros establecidos son óptimos, así como la geometría y el material cumplen con la resistencia y deflexión requerida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Institute of Steel Construction. (2016). Especificación para Construcciones de Acero ANSI/AISC 360-16. En ANSI/AISC. United States of America: Asociación Latinoamericana del acero. Obtenido de <http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com>

Budynas, R. G., Nisbett, & Keith, J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (8va. ed.). (M. Á. Ríos Sánchez, Trad.) México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana. doi:ISBN: 978-970-10-6404-7

- Chandrupatla, T., & Belegundu, A. (2002). *Introduction to finite elements in engineering* (Third ed.). New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Cook, R. D., Malkus, D. S., Plesha, M. E., & Witt, R. J. (2002). *Concepts and Applications of Finite Element Analysis* (Fourth ed.). University of Wisconsin-Madison, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Donoso P., J. C., & Velasco A., C. X. (2010). *Diseño de una plataforma autocargable para vehículos de hasta 2.0 toneladas montado sobre un chasis-camión*. Escuela Politécnica Nacional, Fac. Ing. Mecánica. Quito: EPN. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1897>
- Galambos, T., & Ravindra, M. I. (1976). *Proposed Criterion for Load and Resistance Factor Design of Steel Building Structures*. Universidad de Washington, Ingeniería civil. St. Louis: Universidad de Washington.
- Galbarro, H. R. (2010). *Ingemecanica.com*. Recuperado el 2017, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>
- García, D. (2014). Generalidades de los bastidores en los vehículos industriales y su reparación. *Revista Técnica del Instituto de Investigación sobre Reparación de Vehículos, S.A., I(60)*, 6-9. Obtenido de http://revistacentrozaragoza.com/revistacz/revista60/files_60/assets/common/downloads/publication.pdf
- Goncalves, R. (2002). *Introducción al análisis de esfuerzos* (Segunda ed.). (R. Goncalves, Ed.) Caracas, Venezuela: USB.
- Guo-Bin, L., & Nan, X. R.-J. (2014). Modeling and Static Structural Analysis of Finite Element for a Truck Crane's Frame. En W. e. Chen (Ed.), *International Conference on Mechanics and Civil Engineering (ICMCE 2014)* (págs. 782-785). Wuhan, China: Atlantis Press. doi:10.2991/ icmce-14.2014.138
- HINO. (5 de Enero de 2018). *HINO serie 300*. (Hino Motors Sales México) Recuperado el 2018, de <https://www.hino.com.mx/images/fichas-tecnicas-nuevas/ficha-716y816.pdf>
- Norton, R. L. (2011). *Diseño de máquinas - Un enfoque integrado* (Cuarta ed.). (A. Enríquez Brito, Trad.) Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación de México. doi:ISBN: 978-607-32-0591-7
- Phione Limited. (2018). *Phione Limited the steel specialist*. Recuperado el 2018, de <https://sites.google.com/a/phione.co.uk/espanol/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a-572>
- Schuch, F. W. (1999). En *Manual de la técnica del automóvil* (Tercera ed.). España: Reverté.
- Teller B., F. J. (2011). Tipos de bastidores en los vehículos industriales. *Revista Técnica del Instituto de Investigación sobre Reparación de Vehículos, S.A., I(47)*.
- Vinnakota, S. (2006). *Estructuras de acero: comportamiento y LRFD*. (R. Del Bosque, Ed.) México: McGraw-Hill.