

Artículo Original

Diseño y fabricación de un nuevo perfil metálico que se utilizará como bastidor auxiliar para los camiones HINO de hasta seis toneladas de peso utilizando el Método de Elementos Finitos MEF

Design and manufacture of a new metal profile to be used as an auxiliary frame for HINO trucks weighing up to six tons using the Finite Element Method MEF

Alexander G. Paucar G. - Rodrigo A. Cárdenas Y. - Edwin A. Chamba M.

Instituto Superior Tecnológico Central
Técnico, Quito, Ecuador

alexgiovan7@hotmail.com

Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi,
Latacunga, Ecuador

andres.cardenasyanez1989@gmail.com

Corporación Eléctrica del Ecuador (CE-
LEC) EP, Quito, Ecuador

echamba.monar1989@gmail.com

RESUMEN

El presente proyecto de investigación consiste en validar el material más óptimo que soporte la resistencia y rigidez del mismo con una sección de perfil tipo "Z", deberá cumplir para adaptación de ensamble como bastidor auxiliar sobre el chasis principal para el camión marca HINO de la serie 300. Y que soporte para una carga máxima de 6000 kgf. La compañía SIDEC S. A. importa dos tipos de materiales estructurales para sus distintos productos por lo cual requiere que sirva como apoyo técnico para su compra y fabricación del mismo y estos son acero ASTM A-572 Gr. 50 y el ASTM a-572 Gr. 65.

Para llegar al diseño óptimo se aplicaron los métodos como es de análisis por cálculos, LFRD (Load and Resistance factor design) usando las ecuaciones respectivas de la ley de Hooke para determinar la deformación crítica y su factor de seguridad, para así comparar los resultados con el MEF (método de elementos finitos), realizando simulaciones y aplicando la teoría de distorsión de von Mises. Se obtuvieron los resultados de deformación, factor de seguridad y de esfuerzos.

Además, para garantizar la resistencia adecuada se aplicó un modelo matemático a un segmento del material seleccionado del acero ASTM A-572 Gr. 64, cuyos valores están dentro los parámetros indicados para esta investigación.

Los resultados obtenidos con los métodos analíticos, simulaciones y elementos finitos, se contrastan para determinar y seleccionar el material más óptimo tomando en cuenta la economía, resistencia y ligereza respectiva.

Palabras Claves

bastidor, MEF, LFRD, esfuerzos, deformación

ABSTRAC

This research project consists of validating the most optimal material that supports its resistance and rigidity with a section section "Z" type, it must comply with the adaptation of the assembly as an auxiliary frame on the main chassis for the HINO brand truck of the 300 series. And that supports a maximum load of 6000 kgf. The company SIDEC S.A. imports two types of structural materials for its different products, which requires that it serve as technical support for its purchase and manufacture, and these are ASTM A-572 Grade 50 steel and ASTM a-572 Grade 65.

To arrive at the optimal design, the methods such as analysis by calculations, LFRD (Load and Resistance factor design) were applied using the respective equations of Hooke's law to determine the critical deformation and its safety factor, in order to compare the results with the MEF (finite element method), performing simulations and applying the von Mises distortion theory. The deformation, safety factor and stress results were obtained.

In addition, to guarantee adequate resistance, a mathematical model was applied to a segment of the selected material of ASTM A-572 Gr. 64 steel, whose values are within the parameters indicated for this investigation.

The results obtained with the analytical methods, simulations and finite elements, are compared to determine and select the most optimal material taking into account the economy, resistance and respective lightness.

Keywords

frame, MEF, LFRD, stresses, deformation

I. Introducción

El proyecto se enfoca a la reingeniería y topología del diseño de un nuevo perfil estructural que conforma el bastidor [1] 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. (SIDECA 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 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 [2].

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

716 XZU710L - HKFQL3 / 816 XZU720L - HKFRL3	
MODELO	716 XZU710L - HKFQL3 / 816 XZU720L - HKFRL3
Composición	4x2
CARGAS	
Capacidad carga se-convenc	3.500 Kg / 3.500 Kg
Capacidad carga se-convenc	5.500 Kg / 5.500 Kg
Peso bruto vehicular	5.500 Kg (7.500 Kg) / 6.000 Kg (7.500 Kg)
Peso vano	2.440 Kg / 3.000 Kg
Capacidad de carga	3.060 Kg (4.060 Kg) / 4.100 Kg (5.100 Kg)
Num.ejes	2 / 1.78 / 4 / 1.5
MOTOR	
Tipos	Diesel, Turbodiesel
Sistema de inyección	Inyector electrónico en rail común
Sistema de control de emisiones	EURO 3
Referencia máxima	118 HP @ 2.800 RPM
Torque máximo	42,8 kgf.m @ 1.400 RPM
Cilindrada	4.578 cm ³
EMBRAJOS	5 velocidades con sincronizadora
TRANSMISION	Transmisión 5 velocidades / Tipo Manual
EJE	
Diseño	tipo Viga I-Box 1 ^{ra} eje encastrado
Travesaños	Sistema Fibranti, reducción simple
SUSPENSIÓN	
Diseño	Ballestas semibólicas con amortiguadores de doble acción
Travesaños	Ballestas semibólicas con amortiguadores de doble acción
Dirección	Hidráulica (Doble rueda-dirección)
FRENOS	
De servicio	Mecánico
De retención/empuje	Mecánico
	4.5 Investigacin en Ecuador

Fig. 1: Especificaciones técnicas del modelo de camión HINO Serie 300 DUTRO 16 [3]

El análisis mediante el MEF, tiene un valor de referencia importante para proporcionar una mejora y optimización de la estructura del bastidor [4], 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 [5], [6], [7], 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 determina-

do valor, el cual corresponde al esfuerzo cortante octaedral que se genera en el ensayo de tracción cuando se llega al límite fluencia [8].

Para efectos de la validación se hace uso del método LRFD (Load and Resistance factor design) [9], [10], el cual se aplica para el diseño de estructuras de acero. Este método se basa en la consideración de las cargas muertas que son de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar y 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, 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 el análisis por modelo matemático, su utilidad radica en ayudar a estudiar cómo se comportan las estructuras complejas frente aquellas situaciones que no se pueden ver con una facilidad en el ámbito real, este modo de análisis complementa los dos primeros.

II. Método

El diagrama de procesos a seguir para la ejecución del presente proyecto se indica en la Fig. 2, en la Fig. 3 se muestra el esquema de seguimiento.

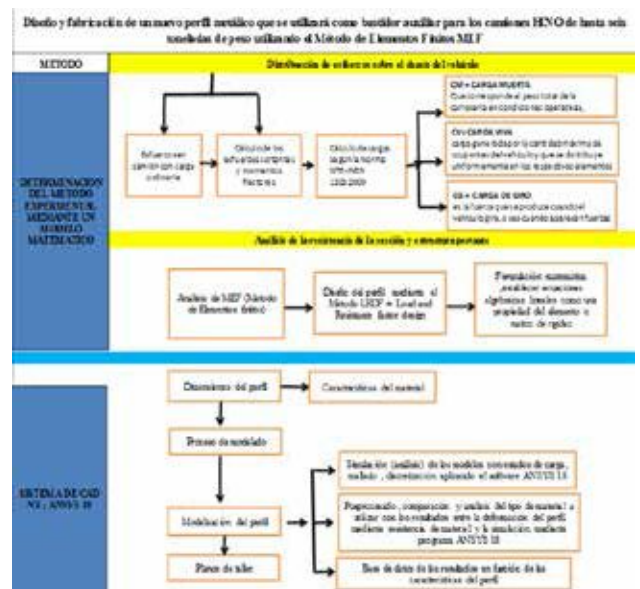


Fig. 2. Diagrama de procesos para efectuar el diseño del proyecto.

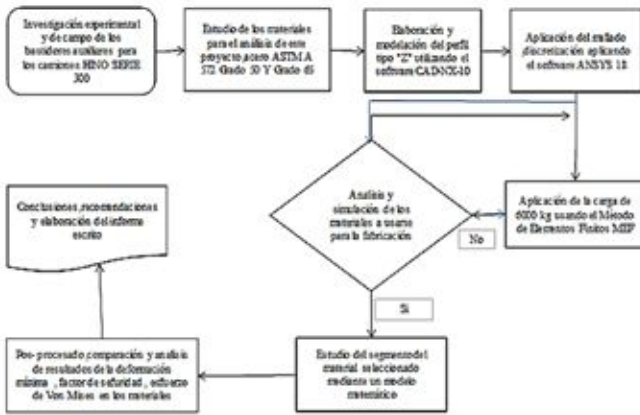


Fig. 3. Diagrama de procesos para efectuar el diseño del proyecto

Se procede al estudio del diseño a flexión de un perfil conformado en frío para uso como bastidor auxiliar sobre el chasis de los camiones HINO serie 300, la empresa SIDEC S.A. que auspicia este proyecto, para su fabricación solicita que el perfil tenga una geometría tipo “Z” por la facilidad de construcción, ahorro de material y adaptabilidad de montaje al bastidor principal del camión, también que se analice el empleo de materiales que la compañía importa anualmente como son los aceros estructurales ASTM A572 GR-50 y el ASTM A572 GR-65, cuyas propiedades mecánicas se indican en la Tabla I.

Tabla I. Propiedades Mecánicas del acero A572 [11]

	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

A. Modelado del perfil tipo “Z”

Usando el software de simulación ANSYS - 8 se modela el siguiente el perfil tipo “Z” requerido y sugerido por la empresa se indica en la Fig. 4.

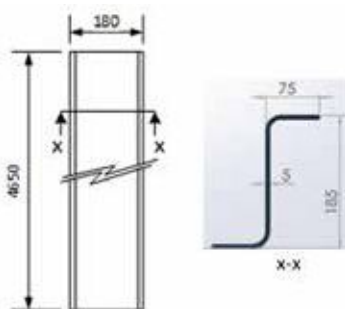


Fig. 4. Modelación del perfil tipo “Z” para uso del bastidor auxiliar

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

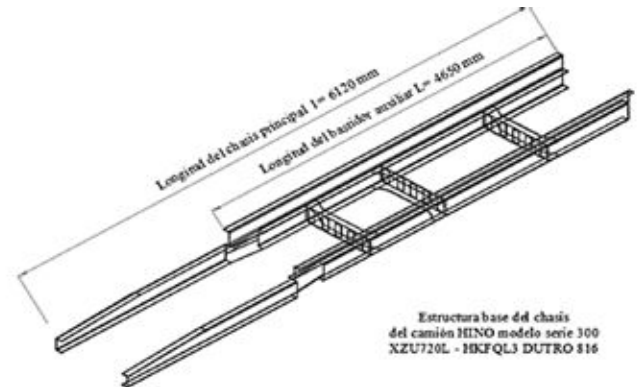


Fig. 5: Modelación de la estructura base del chasis principal con el bastidor auxiliar

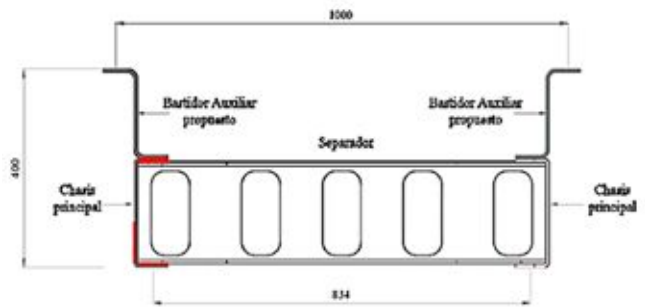


Fig. 6: Sección de la estructura metálica entre el chasis principal con el bastidor auxiliar

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.

B. Análisis usando el método LRFD Caso camión con carga ordinaria distribuida

Distribución del peso de carga más la carga útil transportada sobre cada eje del vehículo, Fig. 7, Fig.8.

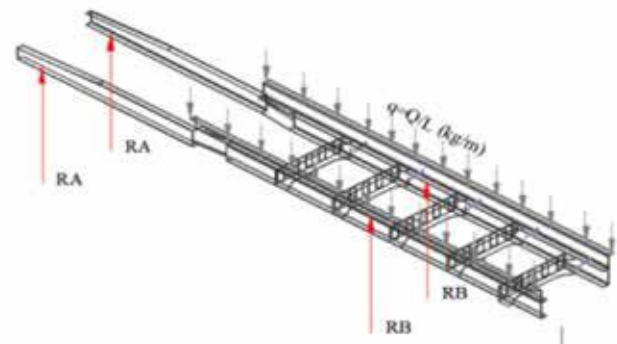


Fig. 7. Diagrama de cuerpo libre de la carga, reacciones, dimensiones

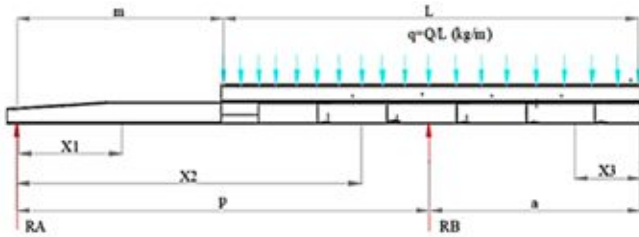


Fig. 8. Diagrama de cuerpo libre de la carga, reacciones, dimensiones

Los valores dimensionales del vehículo se indican en la Tabla II.

Tabla II. Dimensiones generales del camión HINO Serie 300

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 caja de carga (m) (mm)	1670
Ancho de vía eje delantero (mm)	1835
Ancho de vía eje trasero (mm)	1680

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

$$MMA = Q' + Q \tag{1}$$

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

$$Q' = 2485 \text{ kgf}$$

$$Q = 6115 \text{ kgf}$$

Las reacciones en el eje delantero (RA) y trasero (RB) son (2) y (3)

$$R_A = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - a \right)}{p} \tag{2}$$

$$R_B = \frac{Q \left(\frac{L}{2} + m \right)}{p} \tag{3}$$

De donde se obtiene:

$$R_A = 659,63 \text{ kgf}; \quad R_B = 2478,09 \text{ kgf}$$

C. Cálculo de los esfuerzos cortantes y momentos flectores

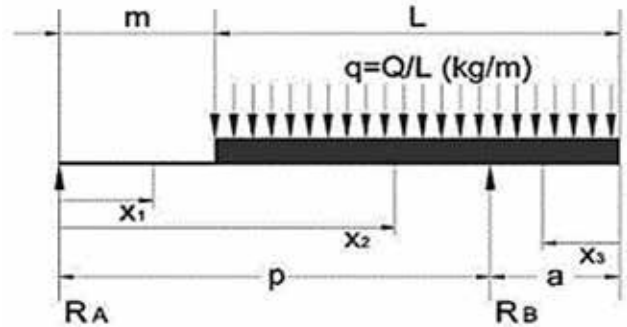


Fig. 9. Diagrama de cuerpo libre donde actúan las fuerzas y reacciones del vehículo

En las citadas condiciones, se construyen los diagramas de fuerza cortante y momento flector, Fig.10, resultando valores máximos: Momento flector máximo $M = 4971,74 \text{ kgf.m}$ y Esfuerzo cortante máximo $V = 3696 \text{ kgf}$

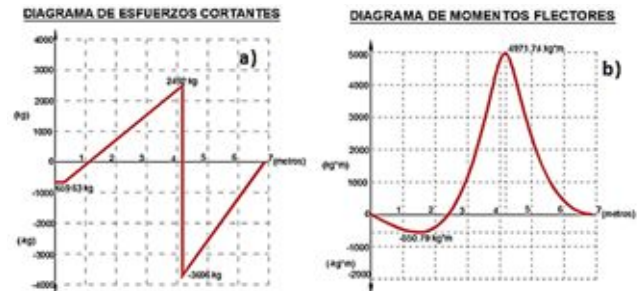


Fig. 10. a) Fuerza cortante b) Momentos flector

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

$$\sigma_f = \frac{M}{2W_x} \tag{4}$$

Para la obtención del módulo de resistente a flexión de la sección de los largueros, se determina con:

$$W_x = \frac{I_{xx}}{Y_{max}} \tag{5}$$

Donde:

- W_x = Módulo de resistente a flexión (cm³)
- I_{xx} = Momento de inercia de la sección del perfil respecto al eje x de flexión (cm⁴)
- Y_{max} = Distancia del eje neutro de la sección a la fibra más

alejada de la misma (cm)

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

$$I_{xx} = 14206,82 \text{ cm}^4$$

$$Y_{max} = 40,2 \text{ cm}$$

Reemplazando los valores anteriores en (4) y (5), se obtiene:

$$W_x = 353,40 \text{ cm}^3$$

$$\partial f = 703,41 \text{ kgf/cm}^2$$

C. Factor de seguridad de resistencia del material

El cálculo del factor de seguridad se consigue con la ecuación (6).

$$\frac{\partial}{k'} = \frac{k}{2W} \quad (6)$$

Donde:

- ∂ = Esfuerzo de flexión (kgf/cm²)
- M = Momento flector máximo (kgf.cm)
- W = Modulo de resistencia a flexión (cm³)
- k' = Factor de resistencia de carga (método LRDF)
- k = Factor de seguridad

De (6), se obtiene k (7)

$$k = \frac{\partial 2W}{k' M}$$

$$k = \frac{(703,41)2(353,40)}{0,75(497174)}$$

$$k = 1,33 \quad (7)$$

Se aplica la teoría de distorsión de *von Mises*, para estimar las fallas que pudiesen existir en puntos del modelo. La energía de distorsión se usa como criterio de previsión en el contexto de las teorías de fallo indica un buen diseño para materiales dúctiles.

Para que el material no falle por fluencia, se debe cumplir (8)

$$\tau_{oct} < \frac{\sqrt{2}}{3} S_Y \quad (8)$$

En términos de los esfuerzos principales, se tiene (9)

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 < 2S_Y^2 \quad (9)$$

La denominada intensidad de esfuerzo de von Mises, resulta como (10)

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}} \quad (10)$$

Entonces como se debe cumplir el criterio (8), se consigue (11)

$$\sigma \leq S \quad (11)$$

La inecuación (11), se convierte en una igualdad cuando se verifica (12), al término N_s se le denomina factor de seguridad.

$$N_s = \frac{S}{\sigma} \quad (12)$$

Donde:

- S : Resistencia a la fluencia del material usado S_Y (Pa)
 - σ : Intensidad del esfuerzo de von Mises σ_{VM} (Pa)
- Sustituyendo los valores calculados con el MEF (Fig. 11) en (12), se estiman los valores N_s indicados en la Tabla III.

Tabla III. Factor de seguridad (N_s)

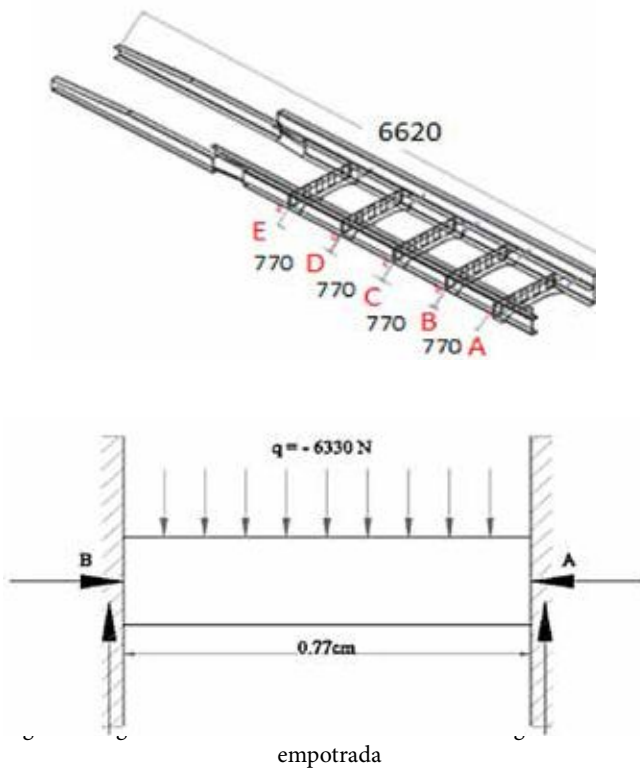
Ítem	Material	(S_y) psi	(σ) psi	(N_s)
1	ASTM A572 Gr. 50, $t = 5\text{mm}$	50000	96825	0.52
2	ASTM A572 Gr. 65, $t = 5\text{mm}$	65000	49978	1.30

Fig. 11: Valores máx. y mín. de σ del material ASTM A572 Gr. 65

D. Análisis mediante modelo matemático

Se estiman los desplazamientos y valores de σ para uno de los tramos del bastidor Fig. 12.

La geometría y cargas del tramo escogido A-B, se muestra en la Fig. 13.



En la Fig. 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 para su determinación correcta con los valores de simulación. Resulta el $\sigma_{max} = 124,97\text{MPa}$ y σ_{min} de $0,177\text{MPa}$.

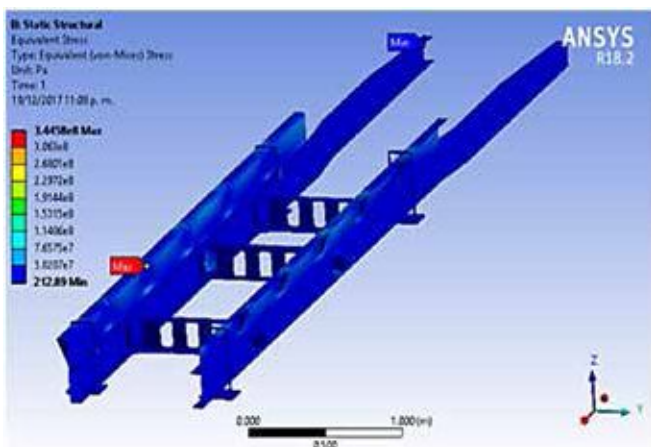


Fig. 14. Intensidad de esfuerzo de von Mises - $\sigma_{m\acute{a}ximo}$ y $\sigma_{m\acute{i}nimo}$

Para el tramo A-B, se tiene $\sigma = 124,79\text{MPa}$, factor de seguridad m\acute{inimo} = 3, elongaci3n m\acute{axima} = 4,32 mm

III. Discusi3n de resultados

Una vez realizado los an\acute{alisis de deformaci3n y esfuerzos mediante la teor\eda de distorsi3n tanto por c\acute{alculo anal\itico y simulaci3n mec\anicana se determin3 que el mayor

factor de seguridad est\atico fue de 1,3 correspondiente al acero ASTM A572 Gr. 65 con un espesor de perfil de 5mm, que se acepta coma v\alido al estar por encima de 1 sugerido por la norma AISC secci3n 2 aplicado a c\acute{alculo estructural de bastidores en camiones, el resto de valores se presentan en la Tabla IV.

Tabla IV. Tabla de comparaci3n de resultados finales

Comparaci3n de dise\ños finales carga de 6000 kg (58800 N)				
Material	Masa (Kg)	σ (MPa)	Ns	Def, m\acute{ax} (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

Los resultados obtenidos del bastidor auxiliar, dise\ñado con el perfil "Z", indican que el camión marca HINO serie 300 puede trasladarse con cargas de hasta 6000 kgf sin sufrir deformaciones pl\asticas, utilizando como material constructivo del bastidor auxiliar, el acero estructural ASTM A 572 Gr. 65, se obtienen resultados que cumplen y garantizan un factor de seguridad mayor que uno, situaci3n que permite inducir que el material no fallar\á en esas condiciones [12].

Seg\un [13], los bastidores auxiliares deben tener la facilidad de fabricaci3n, determin\ndose que es un material homog\eneo e isotropo de calidad uniforme que permite soportar grandes esfuerzos. Estas propiedades le dan mayores niveles de seguridad a una estructura sobre todo cuando est\á sujeta a esfuerzos causados por cargas accidentales. El acero seleccionado ASTM A- 572 Gr. 65, es de alto costo en el mercado nacional y tiene dificultad de conseguir en planchas que cumplan con las dimensiones para la construcci3n del bastidor, por lo que se hace necesario su importaci3n.

Otra de las ventajas de utilizar este elemento es que su dise\ño de perfil "Z" permite que al ensamblar con otros aditamentos de la conformaci3n del armaz3n de chasis principal, da facilidades de ensamble con la carrocer\eda correspondiente del camión y tener un correcto mantenimiento del mismo cumpli\ndose con la satisfacci3n de simplificaci3n propuesta por [14].

La soluci3n del pos procesamiento del an\alisis del segmento A-B, del perfil "Z", de acero ASTM A 572 Gr. 65 y de espesor 5mm y el gr\afico realizado (plot de contorno) mediante la resoluci3n del modelo matem\atico, se muestra en la Fig. 15. Se indica la ubicaci3n de la deformaci3n m\acute{axima entre 0,3mm con la intensidad de esfuerzo de von Mises de 17172 KPa, obtenido en la simulaci3n, indica que efectivamente est\á en el rango m\acute{aximo de 0,3cm por lo que se comprueba que su

valor es correcto.

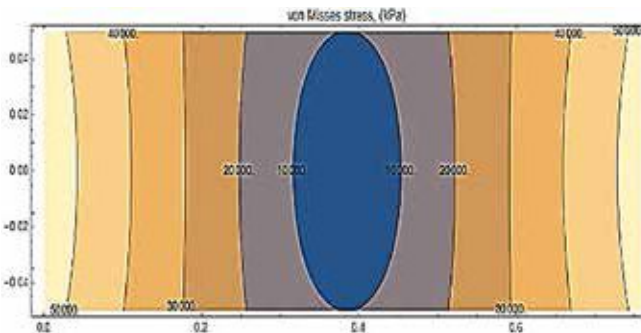


Fig. 15. Ubicación de valores del esfuerzo de von Mises con el modelo matemático

IV. Análisis de Resultados

Con estos resultados indicados y calculados utilizando el método LRDF (Tabla V), se comprueba que el material más óptimo es el acero ASTM A572 Gr. 65, su factor de seguridad es mayor que 1 al igual que su deformación es mayor equivalente 4,71 mm por la tanto su elasticidad es mayor en comparación con el acero de Gr. 50. Este análisis se realiza con la aplicación de la teoría de la falla de la energía de distorsión con valores de esfuerzo de von Mises de acuerdo al material analizado.

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

Método LRDF (Load and Resistance Factor Design)					
Ítem	Material	Resistencia de fluencia del material (Sy) PSI	Esfuerzo de Von Mises (σ) Mpa	Factor de seguridad (Ns)	Deformación máxima (mm)
1	ASTMA572 Grado 50, espesor = 5mm	50000	667.58	0.52	1.13
2	ASTMA572 Grado 65, espesor = 5mm	65000	334.58	1.3	4.71

En el análisis indicado en la tabla VI se realizan las comparaciones utilizando el método de elementos finitos y el análisis matemático, obteniéndose resultados en que el acero ASTM A572 Gr. 65 cumple con requerimiento óptimo, para este análisis el esfuerzo de von Mises sus valores fueron el mismo valor lo que se comprueba que la deformación y el factor de seguridad cumplen de acuerdo a (von Mises 1950)

Tabla VI. Análisis de resultados utilizando el método MEF con los

materiales en estudio

Método Elementos Finitos (MEF) y Análisis 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

En la tabla VII se muestra la comparación de valores efectuados en los métodos LRFD y MEF respectivamente en relación del factor de seguridad y se determina que en un 84% es óptimo utilizando el material acero ASTM A572 Gr. 65.

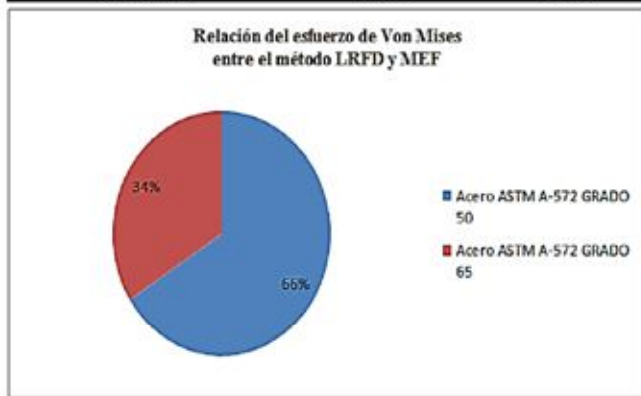
Tabla VII. Análisis de resultados en relación del factor de seguridad con los materiales en estudio

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

En la tabla VIII se diagnostica 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. Como se indica a continuación.

Tabla VIII. 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



A. Manufactura

Para la óptima fabricación del bastidor auxiliar se deberá tener un proceso de construcción adecuado. Cada proceso de construcción deberá ser enfocado al no desperdicio de material para minimizar gastos. En la Fig. 16 se indica el flujo de trabajos para la fabricación e instalación del bastidor auxiliar.



Fig. 16. Proceso de fabricación del bastidor auxiliar para los camiones HINO

B. Costos

En la Tabla IX se muestra un análisis de costos entre la compra nacional y la importada, se indican 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 IX. 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	\$24,300.00	\$ 35,000.00	\$ 10,200.00	0.63
Acero ASTM A-572 GRADO 65	\$25,200.00	\$ 36,000.00	\$ 10,800.00	0.7

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.

V. Conclusiones

Según el requerimiento de la empresa en utilizar el material que anualmente importa como son los aceros ASTM – A 572 Gr. 50 y el ASTM – A 572 Gr. 65 con espesores de 5 mm que se utilizarán para la fabricación del bastidor auxiliar para los camiones HINO serie 300 , se planteó un procedimiento para modelar y pre – dimensionar de acuerdo a la carga distribuida de 6000 kgf a lo largo del chasis principal del camión HINO Serie 300 DUTRO 16, obteniendo resultados con los métodos analíticos, elementos finitos y modelo matemático, a partir de los mismos y realizando su comparación respectiva se determinó construir el bastidor auxiliar en material ASTM – A 572 Gr. 65 con espesor de 5 mm.

El tipo de perfil sugerido tipo “Z” se solicita con la carga de trabajo, sobre el chasis principal más el bastidor auxiliar, observándose que no sobrepasa la deformación crítica de 4 mm, además el factor de seguridad es mayor a 1 que cumple con la determinación del material seleccionado.

Bajo el análisis de elementos finitos (MEF) que se realizó con el programa ANSYS 18, se pudo constatar que los parámetros establecidos son óptimos y que las funciones propuestas cumplen con los valores, así como la geometría y el tipo de material cumple con la resistencia y deflexión requerida.

El material de fabricación se determina como acero estructural ASTM A-572 Gr. 65, 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 su adecuada soldabilidad para agregar más componentes sin tener problemas para el ensamble con demás elementos que conforman el chasis del camión.

Utilizando los métodos de análisis LRFD (Load and Resistance factor design) y el MEF (Método de Elementos Finitos) los resultados determinan que para la fabricación del perfil el material idóneo a utilizar es el acero estructural ASTM A572 Gr. 65, tal como indican los cálculos y simulaciones respectivas.

VI. Referencias

[1] D. García, «Generalidades de los bastidores en los vehículos industriales y su reparación,» Revista Técnica del Instituto de Investigación sobre Reparación de Vehículos, S.A., vol. I, nº 60, pp. 6-9, 2014.
 [2] R. D. Cook, D. S. Malkus, M. E. Plesha y R. J. Witt, Concepts and Applications of Finite Element Analysis, Fourth ed., University of Wisconsin-Madison: John Wiley & Sons, Inc., 2002.

- [3] HINO, «HINO serie 300,» Hino Motors Sales México, 5 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.hino.com.mx/images/fichas-tecnicas-nuevas/ficha-716y816.pdf>. [Último acceso: 2018].
- [4] L. Guo-Bin y X. R.-J. Z. Nan, «Modeling and Static Structural Analysis of Finite Element for a Truck Crane's Frame,» de International Conference on Mechanics and Civil Engineering (ICMCE 2014), Wuhan, China, 2014.
- [5] T. Chandrupatla y A. Belegundu, Introduction to finite elements in engineering, Third ed., New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- [6] R. L. Norton, Diseño de máquinas - Un enfoque integrado, Cuarta ed., Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de México, 2011.
- [7] R. G. Budynas, Nisbett y J. Keith, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8va. ed., México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana, 2008.
- [8] R. Goncalves, Introducción al análisis de esfuerzos, Segunda ed., R. Goncalves, Ed., Caracas: USB, 2002.
- [9] S. Vinnacota, Estructuras de acero: comportamiento y LRFD, R. Del Bosque, Ed., México: McGraw-Hill, 2006.
- [10] T. Galambos y M. I. Ravindra, «Proposed Criterion for Load and Resistance Factor Design of Steel Building Structures,» Universidad de Washington, St. Louis, 1976.
- [11] Phione Limited, «Phione Limited the steel specialist,» 2018. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/a/phione.co.uk/espanol/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a-572>. [Último acceso: 2018].
- [12] F. J. Teller B., «Tipos de bastidores en los vehículos industriales,» Revista Técnica del Instituto de Investigación sobre Reparación de Vehículos, S.A., vol. I, n° 47, 2011.
- [13] H. R. Galbarro, «Ingemechanica.com,» 2010. [En línea]. Available: <http://ingemechanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>. [Último acceso: 2017].
- [14] F. W. Schuch, de Manual de la técnica del automovil, Tercera ed., Reverté, 1999.