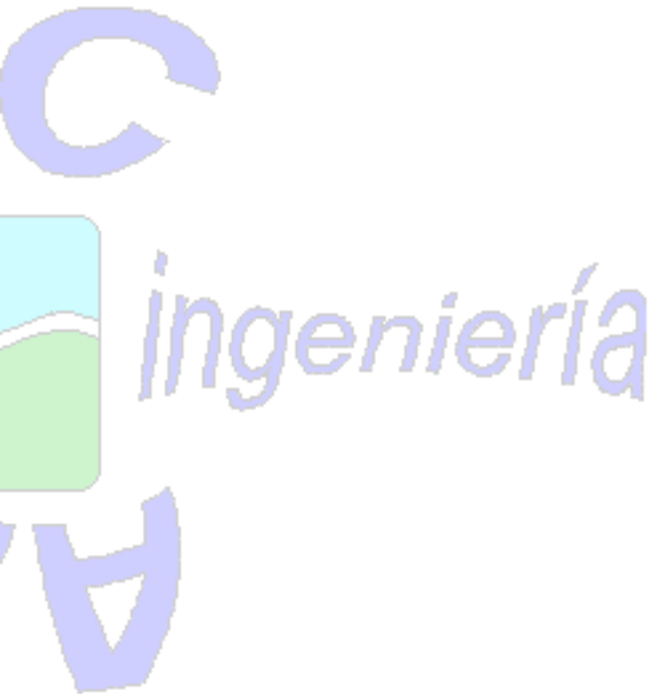
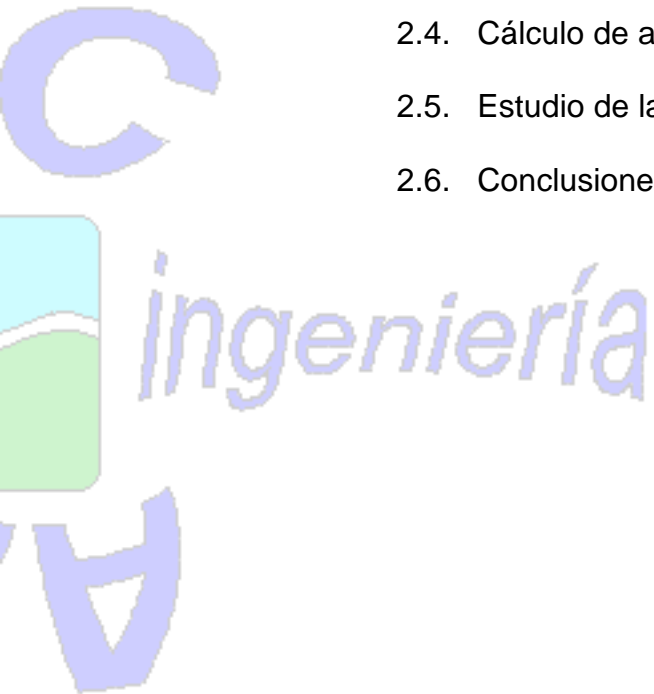


Documento N°. 2:
MEMORIA DE CÁLCULOS
JUSTIFICATIVOS



ÍNDICE DE CONTENIDOS

2. MEMORIA DE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS
 - 2.1. Cálculo del reparto de cargas por eje
 - 2.2. Distribución de los esfuerzos cortantes y flectores
 - 2.3. Coeficiente de seguridad del conjunto del bastidor
 - 2.4. Cálculo de anclajes y uniones atornilladas
 - 2.5. Estudio de la estabilidad del vehículo reformado
 - 2.6. Conclusiones



2. MEMORIA DE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1. Cálculo del reparto de cargas por eje.

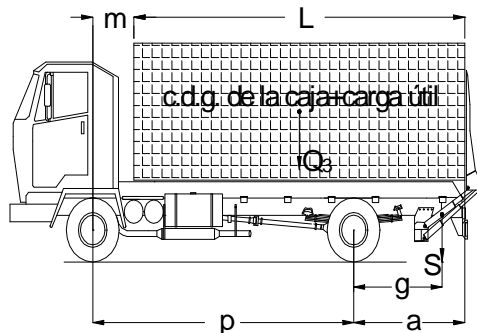
Para el reparto de cargas sobre los ejes del vehículo, que es necesario conocer para el posterior diseño del bastidor, se van a considerar las siguientes acciones:

TARA TOTAL CHASIS-CABINA (Kq.)	2.216
TARA CHASIS-CABINA SOBRE EL PRIMER EJE (Kq.)	1.457
TARA CHASIS-CABINA SOBRE EL SEGUNDO EJE (Kq.)	759
CARGA DEBIDO A OCUPANTES (Kq.)	75
PESO MÁX. ADMITIDO TRANSPORTADO (Kq.)	3.778
PESO DE LA PLATAFORMA ELEVADORA (Kq.)	431
MÁXIMA CARGA DE ELEVACIÓN PARA DISEÑO (Kq.)	650

A) En posición de marcha:

Para la posición de marcha del vehículo, la plataforma permanece plegada por lo que se puede considerar como una carga puntual aplicada en el c.d.g. de la misma y de valor su peso. Por otro lado, la carga útil a transportar por el vehículo se considera uniformemente repartida a lo largo de la caja.

Para vehículos 4x2 en posición de marcha y con carga uniformemente repartida sobre la caja de carga, el cálculo de las reacciones sobre los ejes del vehículo (delantero (R_A) y trasero (R_B)) viene dado por las siguientes expresiones:



$$R_A = (Q_3 * (L/2 - a) - S * g) / p$$

$$R_B = (Q_3 * (L/2 + m) + S * (g + p)) / p;$$

donde:

L : Longitud de la caja de carga;

a : Voladizo posterior de la caja de carga;

p : Distancia entre ejes delantero y trasero;

m : Distancia del eje delantero al comienzo de la caja de carga;

g : Distancia del c.d.g. de la plataforma elevadora al eje trasero;

S : Peso de la plataforma elevadora aplicada en su c.d.g.;

Q_3 : Peso del carrozado o caja de carga más la carga útil a transportar;

Las dimensiones de los parámetros utilizados en los cálculos, que definen la geometría del vehículo carrozado en este proyecto son las siguientes:

$$a=1550 \text{ mm.} \quad p=4130 \text{ mm.} \quad L=4270 \text{ mm.} \quad m=1410 \text{ mm.}$$

$$g=670 \text{ mm} \quad t=2000 \text{ mm.} \quad Q_S=650 \text{ Kg.} \quad Q_3=3778 \text{ Kg.}$$

Por consiguiente, sustituyendo los valores anteriores se obtiene el siguiente reparto total de cargas sobre los ejes en posición de marcha del vehículo:

$$R_A=(Q_3*(L/2-a)-S*g)/p=465 \text{ Kg}$$

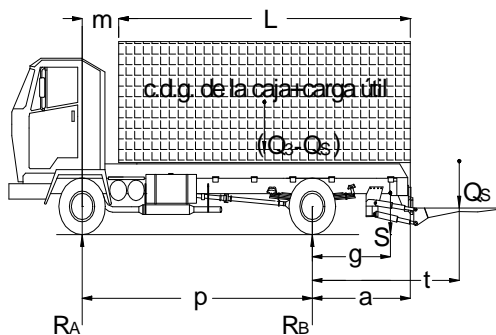
$$R_B=Q_3+S-R_A=3744 \text{ Kg}$$

En la siguiente tabla se resume el total de las reacciones sobre los ejes, y en la que se comprueba que no se superan los límites legales establecidos para cada eje:

DEBIDO A:	1 ^{er} EJE	2 ^o EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	1457 kg	759 kg	2216 kg
OCUPANTES	75 kg	0 kg	75 kg
CARGA+CAJA+PLATAFORMA	465 kg	3744 kg	4209 kg
TOTAL	1997 kg	4503 kg	6500 kg
P.M.A.	2200 kg	4720 kg	6500 kg

B) En posición de trabajo de la plataforma:

Para la posición de trabajo de la plataforma en la situación más desfavorable, esto es, desplegada y elevando el máximo peso permitido para este diseño, las reacciones sobre los ejes del vehículo, delantero (R_A) y trasero (R_B), viene dado por las siguientes expresiones:



$$R_A=((Q_3- Q_S)*(L/2-a)-S*g-Q_S*t)/p;$$

$$R_B=((Q_3- Q_S)*(L/2+m)+S*(g+p)+Q_S*(t+p))/p;$$

donde :

Q_S : Máxima carga de elevación por parte de la plataforma;

t : Distancia al eje trasero del vehículo al c.d.g. de la carga elevada por la plataforma;

Q_3 : Peso del carrozado más la carga útil para la situación de trabajo de la plataforma;

Las dimensiones de los parámetros utilizados en los cálculos, que definen la geometría del vehículo carrozado en este proyecto son las siguientes:

$a=1550$ mm. $p=4130$ mm. $L=4270$ mm. $m=1410$ mm.
 $g=670$ mm $t=2000$ mm. $Q_S=650$ Kg. $Q_3=3778$ Kg.

Por tanto, para la situación de trabajo de la plataforma, considerándose desplegada y elevando la máxima carga permitida, las reacciones sobre los ejes delantero y trasero del vehículo valen en este caso:

$$R_A = ((Q_3 - Q_S) * (L/2 - a) - S * g - Q_S * t) / p = 23 \text{ Kg}$$

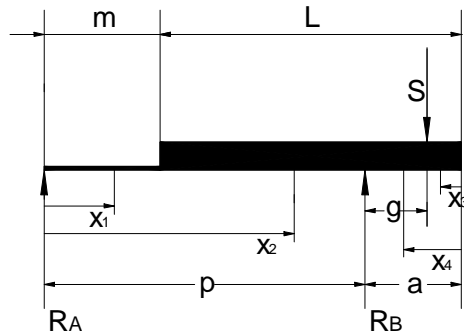
$$R_B = Q_3 + S - R_A = 3936 \text{ Kg}$$

DEBIDO A:	1 ^{er} EJE	2 ^o EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	1457 kg	759 kg	2216 kg
OCUPANTES	75 kg	0 kg	75 kg
CARGA+CAJA+PLATAFORMA	23 kg	3936 kg	3959 kg
TOTAL	1555 kg	4695 kg	6250 kg
P.M.A.	2200 kg	4720 kg	6500 kg

2.2. Distribución de los esfuerzos cortantes y flectores.

En este apartado se detallan las leyes de esfuerzos cortantes y momentos flectores, así como sus valores máximos originados en el bastidor del vehículo carrozado para las nuevas dimensiones del vehículo y para las distintas situaciones de trabajo y funcionamiento del mismo.

A) En posición de marcha:



Para $x_1=0$:

$$V(0)=R_A=465 \text{ kg}$$

$$M(0)=0;$$

Para $m=1,41 \text{ m.} \geq x_1 > 0$:

$$V(x_1)=R_A=465 \text{ kg}$$

$$M(x_1)=R_A \cdot x_1=465 \cdot x_1 \text{ m}\cdot\text{kg}; \quad M_{m\acute{a}x}=656 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_1=1,41 \text{ m.}$$

Para $p=4,13 \text{ m.} \geq x_2 > m=1,41 \text{ m.}$:

$$V(x_2)=R_A - q \cdot (x_2 - m) = 465 - 885 \cdot (x_2 - 1,41); \text{ siendo } q=Q/L=885 \text{ kg/m};$$

$$M(x_2)=R_A \cdot x_2 - q/2 \cdot (x_2 - m)^2 = 465 \cdot x_2 - (885/2) \cdot (x_2 - 1,41)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

$$\text{siendo } M_{m\acute{a}x} = -1352 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_2 = 4,13 \text{ m.}$$

Para $(a-g)=0,88 \text{ m.} \geq x_3 > 0$:

$$V(x_3)=q \cdot x_3=885 \cdot x_3 \text{ (Kg)}$$

$$M(x_3)=-q/2 \cdot (x_3)^2 = -(885/2) \cdot (x_3)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

$$\text{siendo } M_{m\acute{a}x} = -343 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_3 = 0,88 \text{ m.}$$

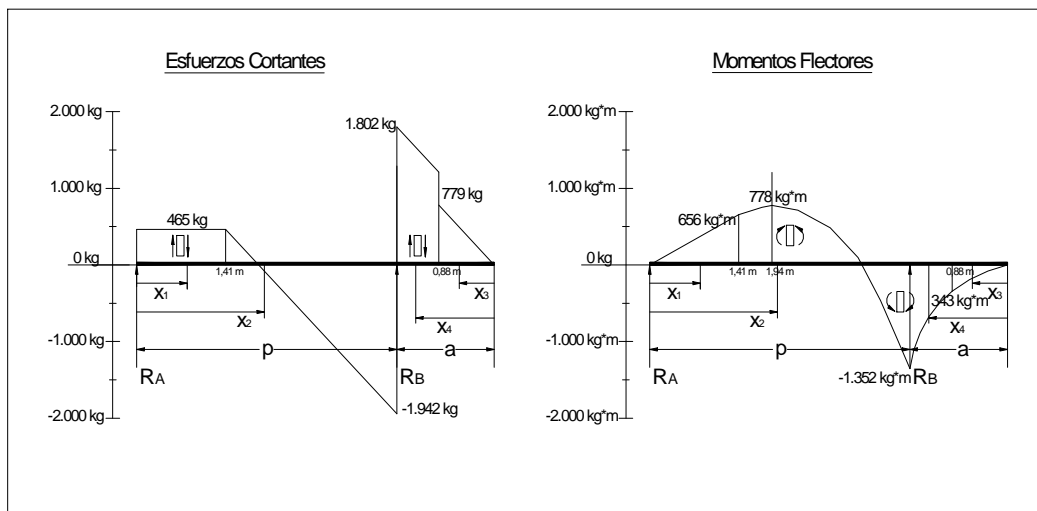
Para $a=1,55 \text{ m.} \geq x_4 > 0,88$:

$$V(x_4)=S + q \cdot x_4 = 431 + 885 \cdot x_4 \text{ (Kg)}$$

$$M(x_4)=-S \cdot (x_4 - (a-g)) - q/2 \cdot (x_4)^2 = -431 \cdot (x_4 - 0,88) - (885/2) \cdot (x_4)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

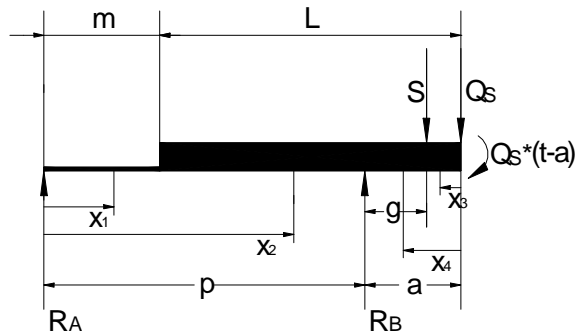
$$\text{siendo } M_{m\acute{a}x} = -1352 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_3 = 1,55 \text{ m.}$$

GRÁFICO DE ESFUERZOS



-EN POSICIÓN DE MARCHA-

B) En posición de trabajo de la plataforma:



Para $x_1=0$:

$$V(0)=R_A=23 \text{ kg}$$

$$M(0)=0;$$

Para $m=1,41 \text{ m.} \geq x_1 > 0$:

$$V(x_1)=R_A=23 \text{ kg}$$

$$M(x_1)=R_A \cdot x_1=23 \cdot x_1 \text{ m}\cdot\text{kg}; \quad M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}=32 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_1=1,41 \text{ m.}$$

Para $p=4,13 \text{ m.} \geq x_2 > m=1,41 \text{ m.}$:

$$V(x_2)=R_A - q \cdot (x_2 - m) = 23 - 674 \cdot (x_2 - 1,41); \text{ siendo } q = Q/L = (3528 - 650)/L = 674 \text{ kg/m};$$

$$M(x_2) = R_A \cdot x_2 - q/2 \cdot (x_2 - m)^2 = 23 \cdot x_2 - (674/2) \cdot (x_2 - 1,41)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

$$\text{siendo } M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = -2398 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_2 = 4,13 \text{ m.}$$

Para $(a-g)=0,88 \text{ m.} \geq x_3 > 0$:

$$V(x_3) = Q_S + q \cdot x_3 = 650 + 674 \cdot x_3 \text{ (Kg)}$$

$$M(x_3) = -Q_S \cdot (t-a) - Q_S \cdot x_3 - q/2 \cdot (x_3)^2 = -293 - 650 \cdot x_3 - (674/2) \cdot (x_3)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

$$\text{siendo } M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = -1126 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_3 = 0,88 \text{ m.}$$

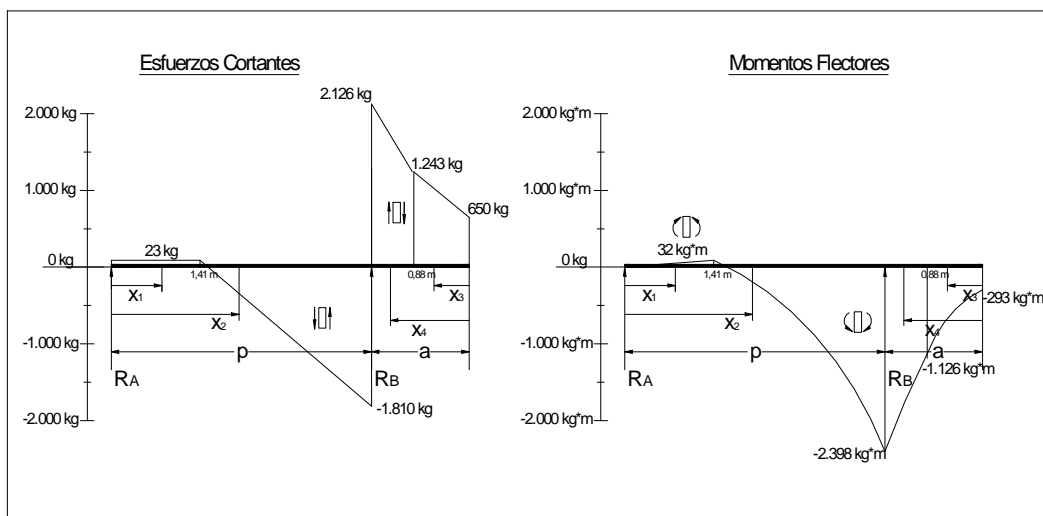
Para $a=1,55 \text{ m.} \geq x_4 > 0,88$:

$$V(x_4) = Q_S + S + q \cdot x_4 = 650 + 431 + 674 \cdot x_4 \text{ (Kg)}$$

$$M(x_4) = -Q_S \cdot (t-a) - Q_S \cdot x_4 - S \cdot (x_4 - (a-g)) - q/2 \cdot (x_4)^2 = -293 - 650 \cdot x_4 - 431 \cdot (x_4 - 0,88) - (674/2) \cdot (x_4)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

$$\text{siendo } M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = -2398 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_4 = 1,55 \text{ m.}$$

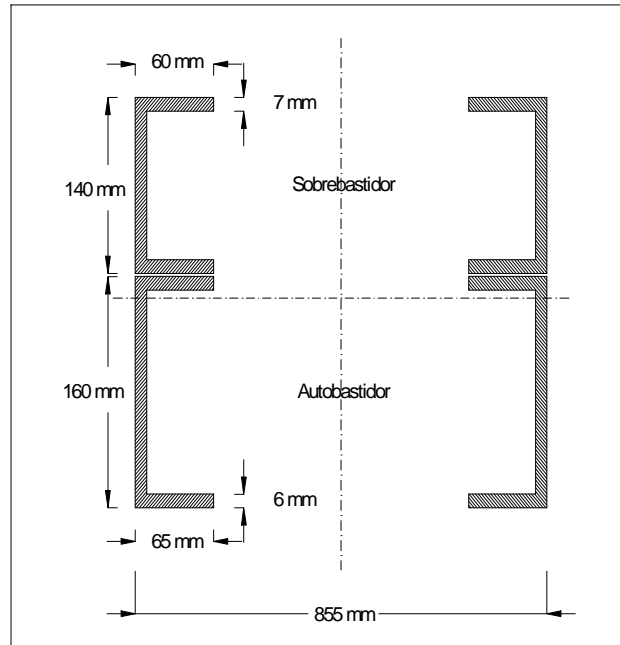
GRÁFICO DE ESFUERZOS



-EN POSICIÓN DE TRABAJO DE LA PLATAFORMA-

2.3. Coeficiente de seguridad del conjunto del bastidor

En primer lugar, se definen las características mecánicas de la sección del bastidor ya reforzado que se ha empleado en el vehículo:



Con estas dimensiones se calcula el módulo resistente de la sección total del bastidor con refuerzo, que vale:

$$W_x = 189 \text{ cm}^3. \text{ (a flexión).}$$

También es necesario conocer los momentos de inercia propios de cada una de las partes que componen el perfil del larguero (autobastidor sin refuerzo y sobrebastidor):

$$I_{x1} = 662 \text{ cm}^4. \quad \text{(autobastidor sin refuerzo)}$$

$$I_{x2} = 507 \text{ cm}^4. \quad \text{(sobrebastidor o refuerzo)}$$

Seguidamente se calcularán los coeficientes de seguridad para la situación de trabajo más desfavorable:

- Máximo flector obtenido (en valor absoluto): $M_{f\text{máx}} = 2398 \text{ m}\cdot\text{kg}$, en la posición $x_3 = 1,55 \text{ m}$. del bastidor, alcanzado cuando la plataforma se encuentra trabajando y desplegada.

Los momentos flectores máximos absorbidos por cada una de las partes son directamente proporcionales a los momentos de inercia:

$$M_{f\text{máx}1} = 2 \cdot \lambda \cdot I_{x1} = 2 \cdot 102,57 \cdot 662 = 135803 \text{ cm}\cdot\text{kg}$$

$$M_{f\text{máx}2} = 2 \cdot \lambda \cdot I_{x2} = 2 \cdot 102,57 \cdot 507 = 104006 \text{ cm}\cdot\text{kg}$$

siendo:

$$\lambda = M_{f \text{ máx}} / (2 * (I_{x1} + I_{x2})) = 239800 / (2 * (662 + 507)) = 102,57 \text{ kg/cm}^3$$

Y sus tensiones de trabajo serán, respectivamente:

$$\sigma_{f1} = M_{f \text{ máx}1} / (2 * W_{x1}) = 135803 / (2 * 83) = 818 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f2} = M_{f \text{ máx}2} / (2 * W_{x2}) = 104006 / (2 * 72) = 722 \text{ kg/cm}^2$$

donde:

$$W_{x1} = I_{x1} / y_{\text{máx}1} = 83 \text{ cm}^3$$

$$W_{x2} = I_{x2} / y_{\text{máx}2} = 72 \text{ cm}^3$$

Y la tensión de trabajo del conjunto, será:

$$\sigma_f = M_{f \text{ máx}} / (2 * W_x) = 239800 / (2 * 189) = 634 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de los coeficientes de seguridad:

$$\lambda_1 = \sigma_e / \sigma_{f1} = 3600 / 818 = 4,4 > 3,0 \quad (\text{del autobastidor sin refuerzo})$$

$$\lambda_2 = \sigma_e / \sigma_{f2} = 3600 / 722 = 4,9 > 3,0 \quad (\text{del sobrebastidor auxiliar o refuerzo})$$

Y para el conjunto del chasis completo, formado por el autobastidor y refuerzo, se obtiene un coeficiente de seguridad de:

$$\lambda = \sigma_e / \sigma_f = 3600 / 634 = 5,7 > 3,0$$

Luego, el bastidor del vehículo así reforzado resulta válido para el uso de la plataforma.

2.4. Cálculo de anclajes y uniones atornilladas

A) Anclaje del bastidor auxiliar o de refuerzo:

El sistema de fijación del falso bastidor auxiliar al bastidor del vehículo se realizará por medio de tornillos de alta resistencia, calidad 8.8, montados sin holguras, tuerca autoblocantes de seguridad calidad 10 y arandelas planas en ambos lados con dureza mínima 200 HB usadas debajo de las cabezas de los tornillos y de las tuercas.

Para la fijación de los tornillos se utilizarán los soportes que vienen preinstalados de fábrica en el bastidor del vehículo. Para guiar el sobrebastidor auxiliar contra el chasis del vehículo, la fijación superior deberá solapar el bastidor del vehículo, excepto en la primera de ellas.

En general, se utilizarán las uniones elásticas en la parte delantera del falso bastidor (dos en cada lado), en cambio las fijaciones rígidas por placas serán recomendables para la parte posterior del vehículo.

Las características mecánicas de los tornillos empleados en la fijación entre el bastidor auxiliar y el del vehículo son las siguientes:

Calidad de tornillos..... M 8.8
Tensión de rotura..... $\sigma_r = 80 \text{ kg/mm}^2$.
Tensión límite de elasticidad..... $\sigma_e = 65 \text{ kg/mm}^2$.
Diámetro de la caña..... $d=14 \text{ mm}$.
Área resistente..... $A_r=115 \text{ mm}^2$.
Paso de rosca..... $p=1,75 \text{ mm}$.
Número de tornillos usados en:
- Montaje bastidor auxiliar de refuerzo..... $N=12$.

El esfuerzo más desfavorable se produce durante la frenada del vehículo. En este caso, el valor de la fuerza de inercia (I) en función de la deceleración (a_r) y de la carga (Q), es:

$I=Q*a_r/g=4295 \text{ kg}$
siendo:
 $g=9,8 \text{ m/s}^2$.
 $a_r=10 \text{ m/s}^2$
 $Q=4209 \text{ kg}$

Por otro lado, la resistencia máxima a cortante debido al anclaje de los tornillos al chasis del vehículo se obtiene mediante la siguiente expresión, para la calidad del tornillo empleado 8.8:

- Para tornillos de Grados 8.8, $R_m=(0,6*\sigma_r *N*A_r)/\gamma_{Mb}$;
siendo:
 N =número de tornillos utilizado en la fijación, $N=12$;
 A_r =sección resistente de cada tornillo, $A_r=115 \text{ mm}^2$.
 σ_r =resistencia a tracción última del tornillo empleado, 80 kg/mm^2 .
 γ_{Mb} =coeficiente parcial de seguridad a la resistencia de los tornillo (1,25).

que sustituyendo valores se obtiene una resistencia a cortante de:
 $R_m=52992 \text{ kg}$;

El coeficiente final de seguridad obtenido en el anclaje será de:
 $\lambda= R_m / I = 52992/4295 =12,3$

B) Anclaje de la plataforma al chasis:

Por otro lado, las características mecánicas de los tornillos empleados en la fijación de la estructura de la plataforma al chasis son:

Calidad..... M 8.8
Tensión de rotura..... $\sigma_r = 80 \text{ kg/mm}^2$.
Tensión límite de elasticidad..... $\sigma_e = 65 \text{ kg/mm}^2$.
Diámetro de la caña..... $d=14 \text{ mm}$.
Área resistente..... $A_r=115 \text{ mm}^2$.
Paso de rosca..... $p=1,75 \text{ mm}$.
Número de tornillos usados en:
- Montaje Plataforma Elevadora..... $N=10$.

El peso máximo que pueda gravitar sobre los anclajes de la plataforma es la suma del peso propio del equipo más la máxima carga de elevación permitida, esto es, $F=431+1500=1931$ kg.

Por otro lado, la resistencia máxima a cortante debido al anclaje de los tornillos al chasis del vehículo es:

- Para tornillos de Grados 8.8, $R_m=(0,6*\sigma_r *N*A_r)/\gamma_{Mb}$;

siendo:

N =número de tornillos utilizado en la fijación, $N=10$;

A_r =sección resistente de cada tornillo, $A_r=115$ mm².

σ_r =resistencia a tracción última del tornillo empleado, 80 kg/mm².

γ_{Mb} =coeficiente parcial de seguridad a la resistencia de los tornillo (1,25).

que sustituyendo valores se obtiene una resistencia a cortante de:

$R_m=44160$ kg;

El coeficiente final de seguridad obtenido en el anclaje de la plataforma al chasis será de:

$$\lambda = R_m / F = 44160 / 1931 = 22,9$$

2.5. Estudio de la estabilidad del vehículo reformado

A continuación, se comprobará que el vehículo reformado con las nuevas dimensiones cumple con los requisitos sobre estabilidad, a fin que pueda desarrollar su trabajo con las máximas garantías.

2.5.1. Estabilidad en la conducción.

Sobre este concepto, la práctica aconseja que el reparto de carga de las ruedas direccionales sobre un plano horizontal de un vehículo 4x2, como es el caso que nos ocupa, sea el siguiente:

Tipo de vehículo con carga más carrocería	Reparto de carga sobre las ruedas direccionales	Tipo de vehículo en autobastidor	Reparto de carga sobre las ruedas direccionales
4x2	$R_{AT} \geq 25\% Q_T$	4x2	$R'_A \geq 35\% Q'$

siendo:

Q_T =peso total del vehículo.

Q' =peso propio del vehículo (en autobastidor).

R_{AT} =reparto de la carga total sobre el eje delantero en plano horizontal.

R'_A =reparto de carga sobre el eje delantero debido al peso propio del vehículo (en autobastidor).

Aplicado al vehículo objeto de este proyecto, estos valores en orden de marcha son los siguientes:

$$Q_T=6500 \text{ kg.}$$

$$Q'=2216 \text{ kg.}$$

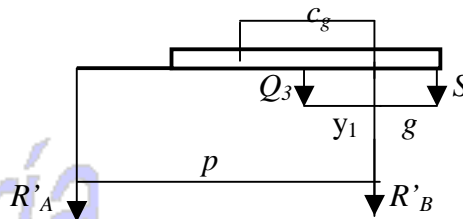
$$R_{AT}=1997 \text{ kg.} \geq 25\% Q_T =1625 \text{ kg.}$$

$$R'_A=1457 \text{ kg.} \geq 35\% Q' =776 \text{ kg, cumpliéndose lo establecido.}$$

2.5.2. Estabilidad longitudinal y transversal contra el vuelco.

Se realizará el estudio sobre la estabilidad del vehículo atendiéndose a doble criterio, por un lado según lo que resulte de un estudio matemático y, por otro lado, de un estudio práctico basado en la experiencia.

2.5.2.1. Cálculo del c.d.g. del vehículo en orden de marcha.



Para el cálculo de la distancia c_g del centro de gravedad del vehículo al eje trasero se empleará la siguiente expresión:

$$c_g=(Q_3*y_1+(R'_A+P)*p-S*g)/(Q+P+S+R'_A+R'_B);$$

donde:

$y_1=L/2-a$; siendo “L” la longitud de la caja y “a” el voladizo posterior, tomando para este proyecto el valor, $y_1= 4270/2-1550 = 585 \text{ mm}$.

R'_A y R'_B son las reacciones sobre los ejes delantero y trasero debido a la tara del autobastidor o chasis cabina, que para este proyecto toma los valores $R'_A=1457 \text{ kg}$ y $R'_B =759 \text{ kg}$.

Q_3 es el peso del carrozado y la carga a transportar, de valor 3778 kg ;

S es el peso de la plataforma instalada, de valor 431 kg ;

g es la distancia del c.d.g. de la plataforma elevadora al eje trasero, de valor 670mm ;

P es el peso del ocupante del vehículo, de valor 75 kg .

Con estos valores el cálculo de la distancia c_g del centro de gravedad del vehículo al eje trasero toma el siguiente valor:

$$c_g=(Q_3*y_1+(R'_A+P)*p-S*g)/(Q+P+S+R'_A+R'_B)= 1269 \text{ mm.}$$

2.5.2.2. Estudio matemático.

a) Estabilidad longitudinal:

Desde un punto de vista matemático, para que el vehículo se encuentre en posición estable, es necesario que se verifique que:

$$R_{AT\alpha} > 0$$

siendo $R_{AT\alpha}$ el reparto de carga sobre el eje delantero en un plano de carretera con una inclinación de la propia carretera α cualquiera.

Por otro lado, para que el vehículo no deslice, se ha de verificar que:

$$F_a > R_p$$

siendo $F_a = Q_T \cdot \cos\alpha \cdot \mu_a$ la fuerza total de adherencia y μ_a el coeficiente de adherencia (en la práctica se suele tomar $\mu_a = 0,6$) y $R_p = Q_T \cdot \sin\alpha$ la resistencia al movimiento del vehículo debida a la pendiente.

Por lo tanto, para que un vehículo no bascule ni deslice han de cumplirse las anteriores condiciones, que también se pueden poner de manera resumida como:

$$\mu_a > \operatorname{tg}\alpha < c_g/h$$

donde c_g es la distancia de c. d. g. del peso total del vehículo al eje trasero y h la altura del c. d. g. respecto al suelo. Además, como pendiente máxima de utilización se suele tomar en la práctica $\operatorname{tg}\alpha = 0,3$ (30%) con vehículo parado y $\operatorname{tg}\alpha = 0,4$ (40%) con vehículo en movimiento.

Sustituyendo valores se tiene que,

$$\mu_a = 0,6 > \operatorname{tg}\alpha = 0,4$$

$$c_g/h = 1,269/1,50 = 0,85 > \operatorname{tg}\alpha = 0,4$$

b) Estabilidad transversal:

De la misma manera, para que un vehículo colocado transversalmente no bascule ni deslice es necesario que se verifique:

$$\mu_a > \operatorname{tg}\alpha < v/(2 \cdot h)$$

siendo v la vía media del vehículo, de valor:

$$\text{vía media del vehículo } v = (v_{\text{delantera}} + v_{\text{trasera}})/2 = (1650 + 1600)/2 = 1625 \text{ mm.}$$

El peralte máximo de una carretera suele ser del orden de un 10 %, pero en los cálculos se toma un 30 % en estado de reposo y un 40 % en movimiento, con objeto de tener un margen de seguridad.

Sustituyendo valores se tiene que,

$$\mu_a = 0,6 > \operatorname{tg}\alpha = 0,4$$

$$v/(2 \cdot h) = 1625 / (2 \cdot 1500) = 0,54 > \operatorname{tg} \alpha = 0,4$$

2.5.2.3. Estudio práctico.

La práctica aconseja que ha cumplirse en cualquier tipo de transformación lo que se indica en el siguiente cuadro para vehículos 4x2, que es el caso que nos ocupa.

TIPO DE VEHÍCULO CON CARGA MÁS CARROCERÍA	ESTABILIDAD LONGITUDINAL	ESTABILIDAD TRANSVERSAL*
4X2	$R_{AT\alpha} \geq R'_A$	$R_{i\alpha} \geq R'_i$

*suponiendo inclinado el vehículo sobre su costado derecho, siendo:

$R_{AT\alpha}$ = la carga total sobre el eje delantero para un ángulo α de giro del elemento de elevación.

R'_A = carga sobre el eje delantero debido al peso propio en chasis cabina.

$R_{i\alpha}$ = la carga total sobre las ruedas del lateral izquierdo del vehículo para un ángulo α de giro del elemento de elevación.

R'_i = la carga sobre las ruedas del lateral izquierdo del vehículo debido al peso propio en chasis cabina.

Cumpléndose para este caso, que:

- En posición de marcha:

Se cumple que $R_{AT} = 1997 \text{ kg} \geq R'_A = 1457 \text{ kg}$.

2.6. Conclusiones

A la vista de lo indicado anteriormente en la memoria descriptiva, así como en el correspondiente anexo de cálculos y planos que se detallan, se estima que el vehículo de referencia es apto para soportar las transformaciones indicadas en este proyecto, solicitándose por lo tanto de la Superioridad la aceptación de la reforma propuesta.

En Sevilla, a 24 de Mayo de 2013

- EL INGENIERO INDUSTRIAL -